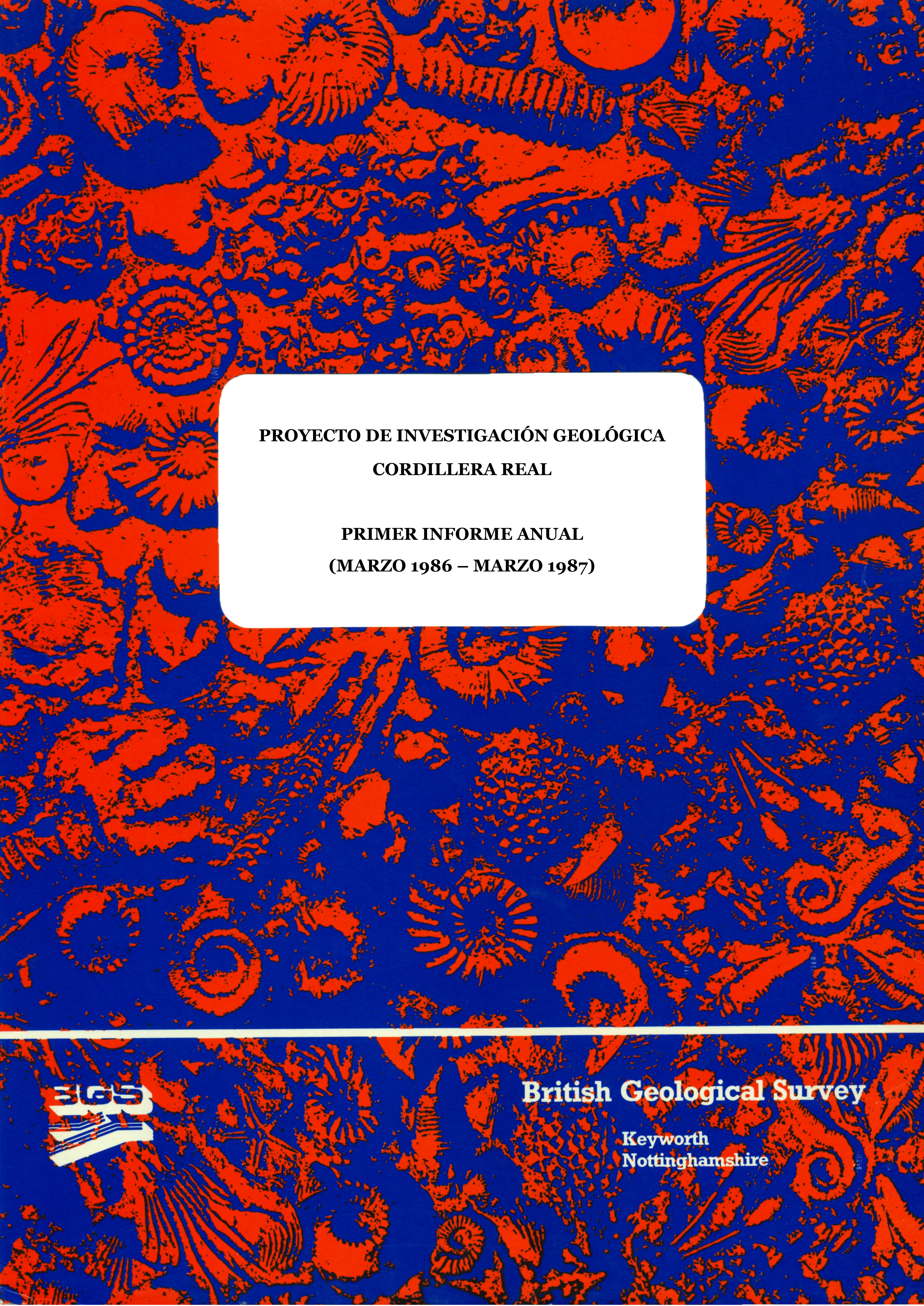


PROYECTO DE INVESTIGACIÓN GEOLÓGICA CORDILLERA REAL

PRIMER INFORME ANUAL (MARZO 1986 – MARZO 1987)

British Geological Survey
Keyworth
Nottinghamshire

Overseas Development Administration,
Foreign and Commonwealth Office,
United Kingdom of Great Britain
and Northern Ireland

Ministerio de Energía y Minas,
República del Ecuador

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN GEOLÓGICA CORDILLERA REAL

PRIMER INFORME ANUAL
(MARZO 1986 – MARZO 1987)

recopilado por
M. Litherland BSc, PhD, MIMM

Geología por	:	J. A. Aspden M. Litherland	R. Bermúdez A. F. Viteri S.
Geoquímica por	:		S. Naveda R., F. Guevara G., C. Toscano C., P. Jara P., R. Buitrón A., S. Salvador A.
Análisis de oro por	:	B. Beddoe-Stephens	
Geocronología por	:	C. C. Rundle	
Producción del informe	:		V. Endara C.
		BRITISH GEOLOGICAL SURVEY, UK	INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA, QUITO, ECUADOR

Petrografía adicional por: A. Thompson, consultor para B. P. Minerals Newbury, UK

CONTENIDO

TABLAS

FIGURAS

MAPAS

* Además de la edición de este Informe Anual, los Apéndices en inglés fueron traducidos al español.

Stalyn Paucar
(stalyn314paucar161@outlook.es)
Quito, 21 de noviembre de 2021

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Naturaleza de este informe

Éste es el primero de una serie de informes sobre el Proyecto de Investigación Geológica de la Cordillera Real: un proyecto bilateral de cooperación técnica entre el Gobierno del Ecuador (Instituto Ecuatoriano de Minería-INEMIN: Ministerio de Energía y Minas) y el Gobierno del Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte (Overseas Development Administration-ODA).

1.2 Antecedentes del presente Proyecto

La participación de ODA/BGS en el desarrollo geológico del Ecuador comenzó en 1969 con la llegada del Dr. J. B. Kennerley quien empezó a trabajar en el mapeo geológico de la Provincia de Loja y en el área de los Llanganates, y durante los siguientes dos años trabajó cuatro meses en el campo durante cada año en Ecuador. Como resultado del éxito de este proyecto el Gobierno ecuatoriano solicitó una amplificación de la ayuda geológica, y en febrero de 1972, Kennerley se convirtió en el líder de un grupo fijo de cinco geocientíficos, La Misión Geológica Británica, todos quienes trabajaron con contrapartes ecuatorianos. Luego de la trágica muerte de Brian Kennerley en 1976, el Dr. J. W. Baldock se convirtió en el líder del grupo hasta que el proyecto de ayuda geológica se terminó en 1980.

Durante estos años, la cooperación técnica cubrió un programa de investigación mineral y mapeo geológico sistemático en el Ecuador occidental, terminando con la publicación de un mapa geológico nacional revisado y un bosquejo de la Geología del país (Baldock, 1982).

La reanudación de la participación de ODA/BGS en la Geología ecuatoriana se derivó de la visita del Dr. J. D. Bennett, la cual coincidió con el comienzo del Gobierno del Ing. León Febres Cordero, con su política de desarrollar la industria minera y de proveer mayores incentivos a la inversión nacional y extranjera en exploración mineral y minería.

Las propuestas de trabajo de Bennett (BGS-Overseas Directorate Report 84/13), realizadas en conjunto con DGGM (ahora INEMIN), fueron modificadas siguiendo los comentarios y sugerencias realizadas por el Director de la DGGM, Sr. Horacio Rueda Jácome, y reescritas por el Dr. B. G. N. Page en enero de 1985.

El nuevo proyecto (Investigación Geológica de la Cordillera Real) fue el objeto de la visita del Dr. Jones a Ecuador en 1985 (BGS-Overseas Directorate Report MP/85/11/R); y el proyecto empezó en marzo de 1986, siendo firmado el convenio en mayo 15 del mismo año. Se podría decir que el nuevo Proyecto representa una extensión oriental de los estudios regionales llevados a cabo por la Misión Británica anterior.

1.3 Los objetivos del Proyecto

El objetivo de este proyecto es estudiar las rocas metamórficas de la Cordillera Real: los objetivos son la aclaración de su naturaleza, estructura, relaciones, génesis y mineralización para descubrir los patrones de metalogénesis y proveer las bases científicas para estimar su potencial minero.

1.4 Personal

Para el primer año del Proyecto, los siguientes funcionarios fueron trasladados temporalmente a ODA del British Geological Survey (BGS):

Dr. Martin Litherland (Jefe de la Misión)
Dr. John Arthur Aspden

Los siguientes funcionarios de INEMIN fueron asignados al Proyecto como geólogos de contraparte:

Ing. Ramiro Bermúdez Almeida (Jefe de la Contraparte)
Ing. Francisco Viteri Santamaría

1.5 Área de estudio

Para el primer año, el área de estudio fue delimitada como las rocas metamórficas de la Cordillera Real (Cordillera Oriental) del Ecuador, su extensión occidental en los límites de la Depresión Inter-Andina, y su extensión oriental hasta incluir las rocas metamórficas, no-metamórficas y plutónicas, de las laderas subandinas.

1.6 Topografía y drenaje

Fisiográficamente, el Ecuador puede ser dividido, de Oeste a Este, en Costa, Sierra y Oriente. La Sierra comprende la cadena montañosa Andina, la que en Ecuador es de tan sólo 120km de ancho y por lo tanto constituye el sector más angosto de todas las cadenas a lo largo del margen occidental de Sudamérica. La región consiste de dos cadenas paralelas, la Cordillera Occidental y la Cordillera Real separadas por la Depresión Inter-Andina en las zonas central y septentrional del Ecuador.

Las elevaciones a lo largo de la divisoria de aguas de la Cordillera Real disminuyen al Sur hacia la frontera peruana. Al Norte la posición de esta división está controlada por los volcanes Cayambe (5790m), Antisana (5704m), Cotopaxi (5897m), Tungurahua (5016m), Altar (5319m) y Sangay (5230), los que proveen de una potente cobertura volcánica cuaternaria, a las rocas metamórficas sobre áreas substanciales. Al Oeste estos volcanes se alzan sobre la Depresión Inter-Andina la cual alcanza profundidades de alrededor de 2000m. Al Sur, la Cordillera Real pocas veces llega a los 3500m. Las tierras altas en la región de la cuenca se encuentran extensamente afectadas por la glaciación. Las laderas orientales de la Cordillera Real se encuentran marcadas por una disminución en la elevación hasta alrededor de 1000m a lo largo de una distancia lateral de 30-50km de la división de aguas. Los ríos y riachuelos son torrenciales y marcadamente profundos. Ellos se juntan a lo largo de las laderas subandinas para formar los grandes ríos del Oriente.

1.7 Clima y vegetación

Existe una tremenda variación en el clima y la vegetación a través de la Cordillera Real. La Depresión Interandina tiene un clima templado con lluvias alrededor de 600 mm por año (ver Quito y Cuenca, Tabla 1) y con vegetación de pradera. La ladera occidental de la Cordillera Real se encuentra marcada por pradera de páramo húmedo hasta la línea de nieve (ca. 4500 m), zona generalmente cubierta de nubes. La línea de los árboles del bosque de montaña de la ladera oriental está en alrededor de 3700 m y el clima y la vegetación se vuelven cada vez más tropicales mientras uno desciende hacia las tierras bajas orientales. La precipitación es alta en esta región; los valores de precipitación para Puyo y Tena, en las tierras bajas orientales son de 3000-4000 mm por año (Tabla 1).

No existe una estación seca en las tierras altas de las laderas orientales al norte, pero los nativos dicen que entre octubre y marzo son los meses "menos húmedos", y esto se confirma con los valores de precipitación para Papallacta y Baños (Tabla 1). Los patrones de lluvia para las tierras altas al Sur (Loja, Vilcabamba) son más parecidos a aquellos de la Depresión Interandina con el periodo más seco de junio a agosto.

1.8 Población

La población de Ecuador, en 1984, fue de alrededor de 9 millones (Dir. Político-Adm. Rep. Ecuador, Inst. Nac. Est. y Censos, 1986) y seguramente hoy está cerca de los 10 millones. Cerca del 40% de la población son indios y una fracción igual de mestizos; el resto siendo principalmente blancos. De los indios la mayoría son descendientes de habla quechua de los habitantes del Imperio Inca y viven principalmente en la Sierra. Unos pocos grupos existen en las tierras bajas (Oriente). Cerca del 49% de la población vive en la Costa y el 47% en la Sierra, principalmente en los límites de la Depresión Interandina. La carretera Panamericana une Tulcán al Norte (con 32000 habitantes) a Ibarra (53000), Quito (1000000), Ambato (100000), Riobamba (75000), Cuenca (150000) y Loja (71000). En las tierras altas de la Cordillera Real la población es escasa; pueblos de regular tamaño tan sólo existen a lo largo de las rutas de acceso (ej. Baños-Puyo). Al este, la carretera Subandina une pequeños pueblos, de los cuales los más grandes son El Puyo (11000), Zamora (7000), Macas (6000) y Tena (6000).

1.9 Acceso

La Cordillera Real es una de las regiones más inaccesibles de Ecuador con respecto a la combinación de barreras físicas y disponibilidad de caminos. Esto sumado al clima inclemente, ha sido motivo para que la región permanezca casi totalmente inexplorada topográfica y geológicamente. De norte a sur las rutas de acceso a través de la Cordillera son:

(a) Tulcán – Sibundoy (camino afirmado) – La Bonita – Los Cofanes – (sendero para mulas).

(b) Cangahua – Oyacachi – El Chaco (sendero para mulas)

(c) Quito – Papallacta – Baeza (camino afirmado)

(d) Baños Puyo (camino afirmado)

(e) Guamote – Atillo (camino afirmado) – San Vicente (sendero para mulas; camino en construcción) – Macas (camino afirmado)

(f) Cuenca – Paute – Amaluza (camino afirmado) – Méndez (sendero para mulas)

(g) Cuenca – Gualaceo – Limón (camino afirmado)

(h) Sigsig – Chigüinda (camino afirmado) – Gualaquiza (sendero para mulas)

(i) Nabón – La Paz (sendero para mulas) – Zamora (camino afirmado)

(j) Catamayo – Loja – Zamora (camino afirmado)

(k) Loja – Vilcabamba – Zumba (camino afirmado)

Estas rutas conectan con la carretera Panamericana al Oeste (Tulcán-Quito-Riobamba-Cuenca), y con el camino Subandino al Este (Lago Agrio-Baeza-Tena-Puyo y Macas-Limón-Zamora) el cual se encuentra interrumpido tan sólo por la falta de puentes claves entre Puyo y Macas. Esta vía, cuando se complete, será de vital importancia para el desarrollo del Oriente. Otro camino actualmente en construcción es el de Guamote-Macas (ver (e)). Otros caminos en proyección incluyen Tulcán-Los Cofanes (ver (a)) y Salcedo-Tena.

El Proyecto tiene su base en Quito. El tiempo de conducción a lo largo de la carretera Panamericana al norte es: Ibarra (2 hrs 30 min) y Tulcán (5 hrs); al sur es: Riobamba (3 hrs 30 min), Cuenca (8 hrs) y Loja (17 hrs); y al este es: Baeza (2 hrs 30 min), Tena (4 hrs) y Macas (16 hrs, vía Cuenca). Existen vuelos comerciales regulares entre Quito y Cuenca, Loja y Macas.

1.10 Mapas topográficos e imágenes

En términos del área de la Cordillera Real, los mapas publicados por el Instituto Geográfico Militar, escala 1:50000 cubren tan sólo la región de las estribaciones orientales, la Depresión Interandina y unas pocas hojas a lo largo de las laderas subandinas. El resto del área está cubierta por mapas censales tomados de fotografías aéreas, pero con bastantes distorsiones.

Con la excepción de unas pocas áreas “en blanco”, la cobertura de fotografías aéreas está disponible para el área en escalas que varían de 1:40000 a 1:60000. La cobertura de imágenes satelitales LANDSAT se encuentra también disponible y en su mayoría sin nubes. Hay también imágenes SAAR (radar). En todas las imágenes la expresión de litologías metamórficas y estructuras primarias es pobre o no-existente sobre el selvático terreno oriental; tan sólo la angosta zona de glaciación de la divisoria de aguas tiene una alta calidad para interpretaciones. Patrones de falla/diaclasa quebradiza tardía controlan los principales lineamientos.

Para poder exponer los resultados del Proyecto de manera exacta, los miembros del grupo están preparando al momento un mapa base del área a escala 1:250000 basado en imágenes LANDSAT.

TABLA 1. VALORES PROMEDIO DE PRECIPITACIÓN MENSUAL

	ENERO	FEBR.	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL
Tulcán	59.67	82.87	90.22	120.26	62.96	56.74	44.30	49.57	63.44	99.97	132.88	102.44	**965.32**
Quito	50.20	72.20	69.20	71.30	48.40	30.30	22.90	29.80	54.10	52.20	55.40	64.20	**620.20**
Papallacta	63.27	107.67	108.01	108.65	159.06	180.08	193.05	107.81	109.31	95.48	84.13	82.98	**1399.50**
Cotopaxi	68.75	106.60	142.06	123.80	143.70	77.27	58.20	62.85	103.73	98.58	93.37	84.72	**1163.63**
Tena	147.75	167.66	269.77	343.40	325.54	380.56	246.95	268.62	287.57	310.34	343.31	212.20	**3303.67**
Baños	50.58	84.30	98.56	132.41	123.81	162.38	157.72	144.40	115.68	70.06	56.96	41.55	**1238.41**
Puyo	271.55	277.43	454.90	450.08	429.95	486.80	412.97	361.72	384.78	394.78	366.93	340.47	**4632.36**
Sucúa	41.06	90.86	127.41	125.12	130.92	171.81	115.40	114.67	123.15	99.80	84.12	36.91	**1261.23**
Paute	42.22	67.94	93.80	83.72	44.55	58.80	51.75	36.52	48.37	60.65	65.18	66.22	**719.72**
Cuenca	40.38	70.14	95.82	98.60	56.10	45.01	35.20	30.24	50.21	72.33	67.62	62.62	**724.27**
Loja	77.30	103.55	120.17	82.96	31.41	53.65	44.01	38.13	31.66	57.42	45.67	56.44	**742.37**
Zamora	90.71	97.43	147.95	124.00	104.76	146.25	126.08	114.83	95.68	85.10	115.30	125.47	**1373.56**
Vilcabamba	76.76	96.74	150.60	99.37	44.36	19.57	11.87	18.18	20.82	47.88	43.95	70.10	**700.20**

Valores en milímetros
Fuente de datos: Anuario Meteorológico (INAMHI). 1972-1981, calculado por Ing. Ramiro Bermúdez
para Quito: 1957-1984, Dir. Gen. Aviación Civil.

1.11 Marco geológico

Se trata simplemente de un núcleo metamórfico/plutónico, de una edad esencialmente desconocida, formando la base de la Cordillera Real y comprendiendo esquistos, filitas, cuarcitas, orto- y paragneises y plutones granitoides (Baldock, 1982). Al oeste, las rocas metamórficas se encuentran cubiertas por sedimentos y lavas del Mesozoico Tardío a Cenozoico, y al este ellas se encuentran falladas contra sedimentos y volcánicos paleozoicos-mesozoicos variablemente deformados de la plataforma oriental (Oriente), la cual representa una pequeña parte de la cubierta fanerozoica sobre las rocas precámbricas de la gran Plataforma sudamericana (Almeida et al., 1981). La zona de contacto con el cinturón metamórfico a lo largo de las laderas subandinas se encuentra marcada por batolitos granitoides.

1.12 Resumen de trabajos previos

1.12.1 Geología

Teodoro Wolf (1892) delimitó de una forma preliminar las rocas metamórficas de la Cordillera Real en su primer mapa geológico del Ecuador (escala 1:2000000) y presentó una descripción en "Formaciones de gneis y esquistos" (p. 226-235). Dentro de los esquistos él incluyó variedades cloríticas, talcosas, grafíticas y anfibolíticas.

Walter Sauer (1950) produce el siguiente mapa geológico del Ecuador en el que las rocas metamórficas de la Cordillera Real se encuentran trazadas de mejor forma. En su síntesis (1965) de la geología del Ecuador, basada principalmente en sus propios estudios, los que comenzaron en 1935, él dividió el basamento de la Cordillera Real en unidades metamórficas y semimetamórficas. La primera (p. 24-48) él la considera como Paleozoica, con posibles elementos Precámbricos, y describe litologías de travesías de amplia extensión (Cayambe, Papallacta-Baeza, Antisana, zona superior del Río Mulatos, Llanganates, Baños-Puyo, Guamote-Macas, Azogues, Paute, Saraguro-Loja y Loja Zumba). Él estudió, de igual manera, rodados fluviales "exóticos". Sauer (1965, p. 48-50) confinó la unidad semimetamórfica a: las rocas paleozoicas de la plataforma oriental; una zona de transición entre las rocas metamórficas y los sedimentos cretácicos de la plataforma oriental; y varias localidades de rocas de bajo grado de la Cordillera Real y del cinturón metamórfico de El Oro. El trabajo de Tschopp (1945, 1948, 1953) sobre la plataforma oriental fue incorporado en esta síntesis.

El mapeo de reconocimiento de la Cordillera Real empezó con los estudios del área de los Llanganates (Kennerley, 1971) y de la Provincia de Loja (Kennerley, 1973). Éste último marcó el comienzo del mapeo de reconocimiento para la hoja 1:100000 en la Cordillera Real por DGGM (ahora INEMIN). Al momento, varias de estas hojas se encuentran publicadas (Ibarra, Otavalo, Baños, Riobamba, Alausí, Cañar, Azogues, Girón, Saraguro, Loja, Gonzanamá, Las Aradas y Zumba); otras se encuentran en prensa o en preparación (San Gabriel, Sangolquí, Píntag, Baeza, Chalupas, Archidona, San José de Poaló, Tena, Gualaquiza y Cumbaratza); mientras que el resto no se encuentran mapeadas o están siendo mapeadas (Mariano Acosta, Reventador, Huamboya, Macas, Sucúa, Méndez, Sigsig, Zamora, Río Nangaritza y Jimbura).

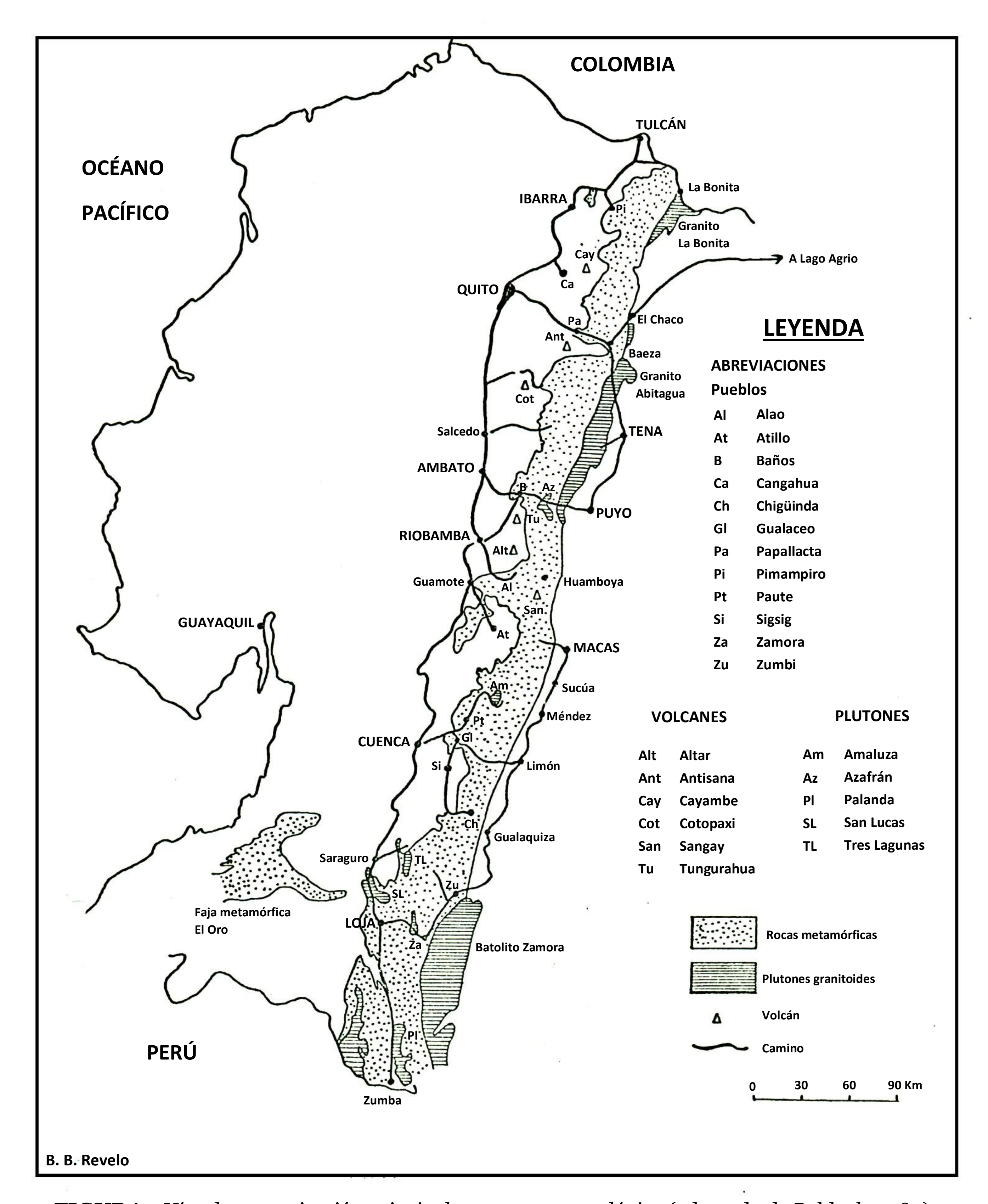


FIGURA 1 Vías de comunicación principales y esquema geológico (adaptado de Baldock, 1982) de la faja metamórfica de la Cordillera Real; se omite las unidades no-metamórficas.

En la mayoría de las hojas 1:100000 las rocas metamórficas se encuentran diferenciadas de las variadas secuencias de cubierta como una unidad geológica monocroma; con cuerpos mayores ígneos o meta-ígneos presentados en diferentes colores. En algunos casos las letras se utilizan en simbología para identificar una diferenciación litológica dentro de las rocas metamórficas (gneis, cuarcita, esquisto, filitas, etc.) a lo largo de las travesías y éstas se refieren a una breve explicación impresa en el mapa. De todas maneras, aparte de travesías por los caminos, las rocas metamórficas han sido muy poco estudiadas.

En años recientes, particulares han hecho intentos para estudiar las rocas metamórficas utilizando las limitadas rutas de acceso (Papallacta-Baeza, Baños-Puyo, Cuenca-Limón y Loja-Zamora) con el objeto de obtener una visión de la Cordillera Real como una unidad. A este respecto estos estudios anticipan los objetivos del presente proyecto. Feininger (1975, 1982) concluyó de sus estudios y dataciones disponibles que, con excepción de las rocas cercanas a las fronteras peruana y colombiana, la mayoría de las rocas metamórficas fueron facies equivalentes a las secuencias cretácicas de la plataforma oriental. Trouw (1976), luego de varios estudios petrológicos y estructurales de las travesías, erigió varias unidades litoestratigráficas (formalizadas) y llegó a conclusiones similares a las de Feininger con respecto a la edad. Los estudios petrológicos de Herbert (1983) de las mismas travesías y dataciones lo llevaron a sugerir que el sector septentrional de más alto grado de la cordillera era de edad paleozoica y las rocas de menor grado eran probablemente más jóvenes.

Al comienzo del proyecto, el geólogo con mayor experiencia en geología de la Cordillera Real en Ecuador, era el Ing. Pablo Duque, de la Politécnica Nacional (Quito). Sus investigaciones han estado bastante relacionadas con petrología y las condiciones PT de metamorfismo de las secciones metamórficas de Papallacta-Baeza y Baños-Puyo.

1.12.2 Geocronología

Calle y Hall (1982) citan unas 16 determinaciones K-Ar, variando de 50 a 90 Ma, para las rocas metamórficas de la Cordillera Real; a pesar de que la Tabla 2 tan sólo registra doce de éstas. Dataciones más antiguas se encuentran indicadas por unos pocos estudios Rb-Sr (Tabla 2), pero estos no son estadísticamente válidos. Hay también un informe de una datación K-Ar de 417 Ma de los gneises de Agoyán.

Con respecto a las rocas plutónicas y metaplutónicas se registró una edad alrededor de 180 Ma en los plutones de Palanda y Tres Lagunas en el sur y también del granito de Abitagua no-deformado. La misma edad se indica para el metaplutón de Azafrán por resultados Rb-Sr estadísticamente no válidos.

El resto de los plutones, todos los cuales cortan las rocas metamórficas, tienen una variación en edad de 50 a 90 Ma con la excepción del cuerpo más joven de Amaluza.

La datación más antigua (743 Ma) en Ecuador pertenece a una anfibolita del cinturón de El Oro, pero una roca similar de la misma localidad dio una datación de 196 Ma, una edad encontrada en otras zonas del sector de El Oro, pero no en la Cordillera Real. Los plutones del cinturón de El Oro, dan edades de alrededor de 214, 110, 50 y 25 Ma.

TABLA 2. Edades radiométricas de la Cordillera Real y la Faja Metamórfica de El Oro

(a) Cordillera Real: Basamento metamórfico

	Unidad/tipo de roca/ambiente/ubicación	Fuente	Material analizado	Edad inferida	Método isotópico/data
1	Cinturón central, gneis con granate, Baños-Puyo, Agoyán	Evernden (1961)		417	K-Ar
2	Cinturón central, esquisto moscovítico, Papallacta-Baeza	Kennerley (1980)	Moscovita	82 ± 3	K-Ar, 8.45%K
3	Cinturón occidental, filitas, "Grupo" Paute	Kennerley (1980)	Roca total Roca total	92 ± 3 88 ± 2	K-Ar, 0.415%K K-Ar, 1.575%K
4	Cinturón central, gneis biotítico, cerca de Palanda	Kennerley (1980)	Biotita	72 ± 2	K-Ar, 8.01%K
5	Cinturón central, gneis biotítico, cerca de Zumba	Kennerley (1980)	Biotita	81 ± 3	K-Ar, 7.34%K
6	Cinturón central, esquisto, Estación de bombeo Papallacta-Baeza, Baeza	Feininger y Silberman (1982)	Biotita	54 ± 2	K-Ar, 8.59%K
7	Estos autores reportan 6 determinaciones K-Ar de la sección Baños-Puyo entre 54 y 79 Ma	Hall y Calle (1982)			K-Ar
8	Cinturón central, gneis biotítico, Loja-Zamora	Baldock (1982)	Biotita	52 ± 2	K-Ar, 7.56%K
9	Cinturón occidental, esquisto con clorita-moscovita, Río Paute, Cola de San Pablo	Herbert y Pichler (1983)	Moscovita	61 ± 2	K-Ar, 6.05%K

10	Cinturón central, esquisto con biotita-moscovita, Papallacta-Baeza, 4km E de Cuyuja	Herbert y Pichler (1983)	Moscovita Biotita	59 ±2 59 ± 2	K-Ar K-Ar
11	Cinturón central, paragneis, Baños-Puyo, 3km E del túnel Agoyán	Herbert y Pichler (1983)	Moscovita	56.5 ± 2	K-Ar, 7.1%K
12	Cinturón central, ortogneis, Baños-Puyo, 2.5km W del túnel bajo el puente de Pastaza	Herbert y Pichler (1983)	Moscovita	60 ± 2	K-Ar, 8.76%K
13	Cinturón central, gneis, Baños-Puyo, Agoyán	Cordani (com. pers.)		203 ± ?	Rb-Sr (un punto)
14	Cinturón central, Papallacta-Baeza	Darbyshire (com. pers.)		308 ± 179	Rb-Sr (4-puntos) Estadísticamente inválido
15	Cinturón central, principalmente gneis, Baños-Puyo	Darbyshire (com. pers.)		279 ± 98	Rb- Sr (11- puntos) Estadísticamente inválido
16	?Cinturón central, túnel de Amaluza (principalmente)	Darbyshire (com. pers.)		115 ± 78	Rb- Sr (9- puntos) Estadísticamente inválido

(b) Cordillera Real: Rocas ígneas y metaígneas

	Unidad/tipo de roca/ambiente/ubicación	Fuente	Material analizado	Edad inferida	Método isotópico/data
17	Cinturón central, plutón Pimampiro, metagranitoide	Evernden (1961)		72 ± ?	K-Ar
18	Granito Abitagua, cerca de la desembocadura del Río Topo, Baños-Puyo	Kennerley (1980)	Biotita	87 ± 7	K-Ar, 3.84%K
19	Plutón Magtayán, hornblendita, cerca de Atillo, probablemente corta el cinturón Occidental	Kennerley (1980)	Hornblenda	85 ± 3	K-Ar, 0.548%K
20	Plutón Amaluza, granodiorita, corta el cinturón Occidental	Kennerley (1980)	Biotita	36 ± 1	K-Ar, 6.9%K
			Hornblenda	49 ± 2	K-Ar, 0.47%K
			Plagioclasa	38 ± 1	K-Ar, 0.70%K
			Feldespato-K	46 ± 1	K-Ar, 10.36%K
			Hornblenda	39 ± 1	K-Ar, 0.47%K
21	Cinturón central, metagranito Tres Lagunas metagranite, dentro del basamento semipelítico Loja	Kennerley (1980)	Biotita	78 ± 1	K-Ar, 6.2%K
			Plagioclasa	173 ± 4	K-Ar, 0.43%K
22	Cinturón central, plutón San Lucas, dentro del basamento semipelítico Loja	Kennerley (1980)	Biotita	78 ± 1	K-Ar, 5.5%K
			Plagioclasa	173 ± 4	K-Ar, 0.65%K
23	Cinturón central, plutón San Lucas, granodiorita, dentro del basamento semipelítico Loja	Kennerley (1980)	Biotita	62 ± 1	K-Ar, 0.63%K
			Plagioclasa	63 ± 1	K-Ar, 7.80%K

24	Cinturón central, plutón Palanda, granodiorita, dentro del basamento semipelítico Loja	Kennerley (1980)	Feldespato-K	152 ± 4	K-Ar, 11.9%K
			Hornblenda	173 ± 5	K-Ar, 0.68%K
			Biotita	180 ± 5	K-Ar, 6.26%K
25	Plutón Magtayán, diorita, cerca de Atillo, probablemente corta el cinturón Occidental	Baldock (1982)	Feldespato-K	54 ± 2	K-Ar, 11.39%K
			Hornblenda	75 ± 3	K-Ar, 1.02%K
26	Granito Abitagua, desembocadura del Río Topo, Baños-Puyo	Herbert y Pichler (1983)	Biotita	178 ± 7	K-Ar, 4.93%K
27	Feno-dacita, 4km SE de Baeza, podría considerarse como una fase del granito Abitagua	Herbert y Pichler (1983)	Biotita	0.54	K-Ar, 6.10%K
28	Plutón Amaluza, granodiorita, Río Paute, corta el cinturón Occidental	Herbert y Pichler (1983)	Biotita	34 ± 1	K-Ar, 6.48%K
29	Cinturón central, plutón San Lucas, granodiorita, dentro del basamento semipelítico Loja, entre Saraguro y Loja	Herbert y Pichler (1983)	Biotita	50 ± 2	K-Ar, 5.59%K
30	(meta) Plutón Azafrán, Cinturón central, Baños-Puyo	Cordani (com. pers.)		173 ± ?	Rb-Sr (un punto)
31	Miembro Misahuallí de la Fm. Chapiza, volcánicos jurásicos, plataforma Oriental	Espín (com. pers.)	Roca total	132 ± ?	K-Ar
32	Granito Abitagua	Halpern (com. pers.)		173 ± 5	Rb-Sr (3-puntos)
33	(meta) Plutón Azafrán, Cinturón central, Baños-Puyo	Halpern (com. pers.)	Hornblenda	85 ± 3	K-Ar, 0.548%K

(c) Faja metamórfica El Oro y rocas ígneas asociadas

	Unidad/tipo de roca/ambiente/ubicación	Fuente	Material analizado	Edad inferida	Método isotópico/data
34	Anfibolita del Grupo Piedras	Kennerley (1980)	Hornblenda	743 ± 14	K-Ar, 0.084%K
35	Batolito Tangula, tonalita, posible extensión del batolito costero de Perú	Kennerley (1980)	Plagioclasa	110 ± 3	K-Ar, 0.23%K
			Hornblenda	113 ± 3	K-Ar, 0.65%K
			Biotita	95 ± 1	K-Ar, 6.19%K
36	Batolito Tangula, granodiorita	Kennerley (1980)	Biotita	49 ± 2	K-Ar, 4.84%K
			Hornblenda	114 ± 30	K-Ar, 0.108%K
37	Granito Amaluza, frontera con Perú	Kennerley (1980)	Biotita	29 ± 0.5	K-Ar, 7.3%K
			Plagioclasa	24.5 ± 0.8	K-Ar, 0.62%K
			Feldespato-K	24.2 ± 0.8	K-Ar, 10.4%K
38	"Granodiorita El Tingo	Kennerley (1980)	Hornblenda	47 ± 2	K-Ar, 0.64%K
			Biotita	50 ± 3	K-Ar, 1.21%K
39	Anfibolita del Grupo Piedras	Feininger y Silberman (1982)	Hornblenda	196 ± 8	K-Ar, 0.238%K

40	Gneis pelítico, Grupo Tahuín, al sur de la Fm. Raspas	Feininger y Silberman (1982)	Biotita	210 ± 8	K-Ar, 8.51%K
41	Esquisto pelítico, Formación Raspas	Feininger y Silberman (1982)	Fengita	132 ± 5	K-Ar, 8.48%K
42	Plutón Marcabelí, cuarzodiorita dentro del Grupo de bajo-grado Tahuín, al sur de Raspas	Feininger y Silberman (1982)	Biotita	214 ± 6	K-Ar, 7.78%K
43	Anfibolita, en los gneises al norte de Raspas	Feininger y Silberman (1982)	Hornblenda	74 ± 1	K-Ar, 0.444%K

1.12.3 Análisis del trabajo geológico anterior

Resúmenes recientes sobre la geología de la Cordillera Real (Baldock, 1982; 1985) aclaran la confusión producida por las teorías basadas en datos insuficientes o inadecuados: litológicos, estructurales y geocronológicos, convirtiendo a la Cordillera Real en el último de los grandes desafíos en relación a la comprensión de la geología del Ecuador. Al leer entre líneas el resumen de Baldock, se ve claramente la falta de un control adecuado en litoestratigrafía, historia estructural y geocronología, que permita un serio intento de una síntesis de la historia geológica y de su lugar en el contexto de los Andes ecuatorianos.

Esfuerzos particulares para analizar la asociación rocosa de filitas, esquistos, cuarcitas y orto- y paragneises de la Cordillera Real han fracasado debido a la falta de control litológico y estructural de una travesía a otra, a lo largo de travesías alejadas una de otra. De forma clara se ve que no existen bandas o secuencias de guía, ni expresiones litológicas en imágenes de tipos composicionales. La comprensión no ha sido facilitada por la formalización de unidades litoestratigráficas en la forma de Grupos y Formaciones locales donde no se conoce la edad, ni los límites geográficos, ni las relaciones de campo. Estos términos (ej. 'Grupos' Llanganates, Zamora y Ambuquí) no tienen significado científico y su uso común sólo ayuda a quitar mérito a la eventual comprensión del complejo. A este respecto, Herbert (1983) debería ser felicitado por su división de las rocas (I, IIa, IIb, III) de acuerdo a la edad y el grado metamórfico, ya que éstas son informales y pueden ser fácilmente corregidas.

Claramente se ve que las rocas de la Cordillera Real no pueden ser valoradas hasta establecer su edad y esto no puede lograrse hasta que se utilicen otros métodos que K-Ar, ya que el 'reloj' K-Ar es propenso a ser modificado por eventos tectono-metamórficos posteriores. De todas maneras, algunos investigadores previos convienen en que las rocas cercanas a las fronteras colombiana y peruana son de edad Paleozoica con posibles remanentes Precámbricos; esto está basado en datos sobre la extensión de las rocas de la Cordillera Real en los países vecinos. En el Perú el cinturón equivalente se encuentra discordantemente superpuesto por los sedimentos Triásicos (Grupo Zaña) y tal vez por las cuarcitas Devonianas (Formación Ñaupe) (Cobbing et al., 1981). En Colombia, la Cordillera Real del Ecuador se bifurca para formar las Cordilleras Central y Oriental, ambas contienen elementos Paleozoicos y, ésta última, Precámbricos (Feininger, 1980; Kroonenberg, 1982).

A la mayor parte de las rocas metamórficas de la Cordillera Real alejadas de las fronteras nacionales se les ha designado una edad paleozoica o cretácica dependiendo de las comparaciones litológicas, grado de metamorfismo y dataciones K-Ar seleccionadas. Las rocas "semimetamórficas" de menor grado, existentes en las faldas de la cordillera, han atraído de manera especial una edad más joven. Al oeste, Bristow (1973) reportó una transición de la Formación Yunguilla fosilífera (Cretácico Superior) en rocas "semimetamórficas" del "Grupo" Paute; mientras que, en el Este, Feininger (1975) indicó la transición de las Formaciones cretácicas Hollín y Napo de la plataforma oriental en rocas semimetamórficas de bajo grado de la faja Subandina, también conocidas como "Grupo Margajitas". Sin embargo, a pesar de que estas observaciones son correctas, nadie aún podría demostrar la transición correspondiente en las rocas del núcleo de la cordillera de más alto grado, estableciendo así una faja metamórfica cretácica. En este aspecto cabe notar la tendencia por estudios Rb-Sr, aunque son estadísticamente inválidos, para indicar edades pre-Cretácicas en estas rocas.

Una característica curiosa del trabajo previamente realizado cubre el "cambio" a lo largo de la Cordillera Real entre las latitudes 2° y 3° S. Trouw (1976) considera a estas rocas al sur como una secuencia paleozoica "flysch" de metamorfismo tipo Abukuma y aquellas al norte como una secuencia mesozoica con una composición más variada incluyendo unidades metavolcánicas metamorfizadas bajo condiciones de la facies de esquistos verdes Barroviana. Feininger (1982), sigue a Trouw en interpretación de edades, pero cita condiciones de facies anfibolíticas para las series del sur. Herbert (1983), sin embargo, sugiere que la secuencia meridional es más joven e indica un grado metamórfico menor para estas rocas.

La historia plutónica de la Cordillera Real es muy poco conocida o comprendida, esto queda claro con el último mapa geológico nacional 1:1000000 (Baldock, 1982), en el que las rocas plutónicas sólo han sido pintadas a lo largo de la línea que tiene acceso en vehículo, indicando la posibilidad de que cadenas plutónicas existan a través de las áreas no exploradas. Se conoce poco de la composición, forma y edad de los principales plutones y de la relación de las estructuras tectónicas en los metagranitos (ortogneises) con sus envolturas de esquisto/paragneis.

No se puede realizar ninguna valoración de la historia geológica de la Cordillera Real sin tomar en cuenta las rocas metamórficas de la Provincia de El Oro, las que tienen una tendencia E-W marcadamente oblicua a la dirección NNE de la Cordillera Real. El contacto entre los dos cinturones está cubierto por secuencias más jóvenes al Norte de Catamayo. Las rocas de El Oro (Feininger, 1980) contienen una unidad central de esquistos verdes dominantes y anfibolitas (Grupo Piedras) las que se cree que son de edad Precámbrica basándose en una determinación K-Ar (Tabla 2, No. 34). Éstas involucran una ofiolita cretácica y un complejo de esquistos azules (Formación Raspas) y se encuentran limitadas al sur y al norte por rocas semipelíticas de grado bajo a alto (Grupo Tahuín) las que se cree que son de edad Devoniana. Dataciones K-Ar del Grupo Tahuín y de plutones deformados adjuntos sugieren un evento Triásico Tardío (Tabla 2).

1.12.4 La importancia de la Cordillera Real en el marco de los Andes ecuatorianos

El Ecuador se encuentra situado en la zona de cambio de los Andes Centrales (Chile-Perú), a los Andes Septentrionales (Colombia-Venezuela) (Gansser, 1973). Este cambio comienza en la estructura Amotape (Deflexión de Huancabamba), la cual está representada en el Ecuador por rocas de tendencia E-W del cinturón metamórfico de El Oro. Coincide de igual forma con las estructuras anómalas más pronunciadas las que corren hacia el oeste en el Pacífico (Carnegie Ridge) y las Islas Galápagos (Gansser, 1973). Mientras que el rumbo E-W de la estructura de cruce Amotape está truncado en el área de Catamayo con el rumbo Andino de la Cordillera Real del Ecuador, ésta misma cordillera presenta una deflexión de rumbo de NNE (en Ecuador) a NNW (en Perú) sobre un eje E-W.

La Deflexión de Huancabamba no marca tan sólo cambios locales abruptos, o giros regionales de rumbo; también representa el cambio al norte de los Andes autóctonos a los alóctonos, en términos de historia fanerozoica. Así en Perú-Bolivia el cinturón de pliegue paleozoico de la Cordillera Oriental es semipelítico y ensiálico, limitado al oeste por el masivo de Arequipa de basamento precámbrico y deformado en alrededor de 330 Ma (Laubacher y Megard, 1985). Estas rocas fueron superpuestas por sedimentos continentales carboníferos y pérmicos y rocas volcánicas, deformadas e intruidas por magmas pérmicos a triásicos. En contraste, en Colombia, a las rocas paleozoicas de la Cordillera Central se las interpreta como una secuencia de subducción/colisión del margen continental con un antearco/fosa y zonas de trasarco (McCourt et al., 1984). Estos se encuentran cortados por el batolito de Santa Bárbara de 211 Ma. Por lo tanto, la identificación y estudio de las rocas paleozoicas de la Cordillera Real del Ecuador deben tener mucho significado en la comprensión de la naturaleza de este cambio Paleozoico fundamental con dirección norte desde la actividad intracratónica al margen continental.

Un cambio similar de los Andes Centrales a Septentrionales ocurrió en las eras Mesozoica-Cenozoica (Orogenia Andina). En Bolivia y Perú la subducción del margen continental bajo el masivo de Arequipa produjo la cuenca en la zona occidental del Perú y el batolito costero, los límites al norte del cual pueden ser identificados como la Formación continental volcánica Celica y el batolito de Tangula en la Provincia de Loja en Ecuador (Baldock, 1982). Sin embargo, más hacia el Norte, el terreno costero y la cordillera occidental de Ecuador y Colombia son alóctonos (exóticos) y fueron acrecionados al interior del continente sudamericano durante el Mesozoico y Cenozoico. McCourt et al. (1984) registran fases de acreción de Cretácico Temprano y Cretácico Tardío contra el margen continental paleozoico, el último evento pudo haber modificado el reloj de K-Ar sobre la Cordillera Real, pero: ¿Dónde está la evidencia de la acreción del Cretácico Temprano? ¿Se encuentra en los esquistos azules de Raspas de 132 Ma y en la secuencia ofiolítica de El Oro (Feininger, 1980)? Si es así entonces también se debe encontrar en la secuencia de la Cordillera Real al Norte.

1.13 Minería e historia minera

1.13.1 Oro y plata

En los primeros días de la ocupación de la Costa del Pacífico en Sudamérica por los conquistadores españoles, el Reino de Quito, que es ahora parte de Ecuador, fue famoso por su riqueza en oro. La historia registra que el Rey Inca, Atahualpa, tomado prisionero a traición por los españoles, ofreció pagar su rescate llenando un cuarto con oro, después de lo cual, sus captores lo mataron.

Parece seguro que el oro obtenido por los Incas provenía en su mayor parte de placeres (Holloway, 1932) muchos de los cuales fueron encontrados en ríos que fluyen al este desde la Cordillera Real.

Durante el siglo XVI los españoles explotaron rápidamente los depósitos de oro y plata, los cuales, con la excepción de Zaruma (en el cinturón metamórfico de El Oro), estaban localizados a lo largo de la Cordillera Real o en las laderas subandinas al este (Febres Cordero et al., 1986; Navarro, 1986). Luego de explotar el oro aluvial del Río Santa Bárbara (cerca de Gualaceo), los centros mineros fueron establecidos en Sevilla de Oro (cerca de Macas) y Logroño (ambos de oro aluvial) y Zamora, donde el oro primario fue procesado de muchas minas incluida Nambija. Se fundaron luego otras ciudades como Baeza, Archidona, Ávila (todas trabajando oro aluvial), a la vez que Méndez, Macas, Santiago de la Montaña, Jaén, Valladolid y muchas otras, varias sobre las cuales hoy en día no se tiene rastro de su localización. Así se establecieron 20 asentamientos españoles en la cuenca Amazónica durante los siglos XVI y XVII comparados con tan sólo 6 en la Sierra y 3 en la Costa.

La extracción de oro cesó virtualmente después del siglo XVII debido al maltrato a los indios, enfermedades y factores económicos, y el Ecuador cambió de una economía minera a una basada en la agricultura (Febres Cordero et al., 1986).

Al momento, la extracción de oro en la Cordillera Real y en el cinturón Subandino está concentrada en el área de Nambija, a pesar de que depósitos aluviales son trabajados en otros sitios en pequeña escala a lo largo de los ríos que fluyen al este desde la Cordillera Real. De norte a sur estos ríos son parte de los siguientes sistemas: Aguarico-Quijos-Cofanes; Napo-Mulatos; Pastaza-Palora; Upano-Paute; y Zamora-Nangaritza (Holloway, 1932; Mapa de Potencial Aurífero Aluvial, DGGM, 1983).

En el Río Nangaritza se han reportado valores de oro aluvial de 11.65 gr/m^3 y 5.43 gr/m^3 (Salazar, 1986), mientras que en el Río Villano se registraron 19.5 gr/m^3. El oro aluvial disminuye hacia el este y bajo los 300 m (curva de nivel) los granos tienen un tamaño de menos de 1 mm. Los nativos lavan oro en los meses de verano a lo largo de los Ríos Anzú, Jatunyacu y Napo (Salazar, 1986).

Se conoce la existencia de terrazas de placeres auríferos cerca de Tena, cerca de la confluencia del Anzú y del Mulatos (Jatunyacu). Son de menos de 2 m de ancho con 1 m de nivel inferior de grava aurífera con valores de 0.3-0.8 gr/m^3. En el Río Mulatos las terrazas llegan a los 4m de espesor con valores de 0.4 gr/m^3 (Salazar, 1986). Oro coluvial ha sido explotado en Collay.

Así el oro aluvial se deriva de todas las latitudes de la Cordillera Real y no tan sólo del sector sur donde el oro primario ha sido localizado y extraído. Wolf (1892) notó la paradoja entre los pocos reportes de vetas de oro primario y los abundantes placeres y sugirió que el oro podría estar diseminado en las rocas metamórficas. Sin embargo, se debe notar que las localizaciones de oro primario al sur de la cordillera coinciden con el sector de un relieve más tenue y de acceso relativamente fácil.

El área de Nambija es el sitio de una reciente "fiebre de oro". El metal se encuentra concentrado en rocas tipo skarn producidas por intrusiones granitoides (Batolito de Zamora) en sedimentos calcáreos, ambos de edad desconocida. El oro está siendo trabajado con métodos primitivos. Valores tan altos como 200-250 gr/ton han sido reportados con un promedio de 14-15 gr/ton, y existe, en la región, una producción anual de 2 toneladas y reservas de 300 a 900 toneladas (Febres Cordero et al., 1986). Al momento se están trabajando minas más pequeñas en las cercanías de Nambija.

1.13.2 Otros metales

Ocurrencias de minerales metálicos se han reportado a lo largo de la Cordillera Real (Goossens, 1969; Paladines, 1980); la mayoría de las cuales son de pequeñas vetas polimetálicas hidrotermales. Éstas se dice que son particularmente prominentes en las áreas de Los Llanganates y Sigsig (Paladines, 1980), existe también un prospecto de Pb-Zn-Ag en Cumbaratza cerca de Nambija. Muchos consideran que el área de Los Llanganates contiene una considerable cantidad de potencial metalífero, esto está basado parcialmente en antiguas leyendas y mapas (ej. Spruce, 1861), pero el área no ha estado sujeta aún a serias exploraciones geológicas y mineras.

El prospecto de Sigsig toma la forma de un lente, dentro de gneises y esquistos, conteniendo magnetita, esfalerita, calcopirita, pirrotina, bismuto nativo y bismutinita. La zona fue previamente trabajada en busca de oro (Paladines, 1980). La mayor parte de las minas de oro primario trabajadas por los españoles al sur del área fueron probablemente de tipo polimetálico.

Paladines (1980) reporta también casiterita y scheelita relacionadas con la greisenización de "stocks" granitoides en las áreas de Sigsig y Saraguro.

Los mapas mineros de Paladines y Goossens indican también pequeños depósitos de minerales de Mo, Fe, Li y Mn en la Cordillera Real.

1.13.3 No-metales y piedras preciosas

Paladines (1980) reportó varias ocurrencias de minerales no-metálicos en las rocas metamórficas de la Cordillera Real. Éstas incluyen: antracita, grafito, yeso, mica, arcilla bituminosa, pirofilita/talco y travertino. Ninguno de estos depósitos ha sido explotado a gran escala.

Existen reportes no confirmados de rubíes en el extremo sur de la Cordillera Real cerca de Zumba.

1.13.4 Potencial mineral en relación a la historia geológica

Usando las dataciones disponibles, Van Thournout (1986) sugirió un evento plutónico jurásico que generó los grandes batolitos (La Bonita, Abitagua, Zamora) de la Cordillera Real y el cinturón Subandino, junto con la Formación volcánica jurásica Chapiza de la plataforma oriental; el batolito no-datado de Zamora produjo los skarns auríferos de Nambija y el prospecto de Pb-Zn-Ag Cumbaratza, sin embargo, no existe información para relacionar el oro aluvial más al norte a los demás batolitos. En Colombia, la cadena jurásica de batolitos continúa a lo largo de la misma línea y está marcada por prospectos de pórfidos cupríferos (Sillitoe et al., 1982).

Se ha sugerido (Baldock, 1982) que el Ecuador meridional podría representar la parte más septentrional del cinturón polimetálico de los Andes Centrales desarrollado en Chile Bolivia y Perú. Esto evolucionó en el Jurásico/Cretácico Temprano cuando los arcos volcánicos de naturaleza incipiente, algo básica, parcialmente toleítica, calco-alcalina fueron asociados con depósitos metálicos de número atómico pequeño (Fe, Ni, Mn, V, Cr, Co). En contraste, en las etapas finales de la evolución del cinturón, en el Cenozoico Medio-Tardío, cuando la cobertura continental era más gruesa y el magmatismo calcoalcalino alcanzó el extremo granítico, los depósitos metálicos de número atómico grande (Sn, Bi, Sb, W) se desarrollaron junto con depósitos tipo pórfido de alta proporción Mo/Cu (Frutos, 1982).

1.14 Metodología del proyecto, primer año

Durante el primer año de trabajo, del cual el presente reporte es un resumen, la necesidad más urgente era la de conocer la geología del área del Proyecto. Esto se consiguió mediante una serie de geotravesías a través de la cordillera, usando la mayoría de veces los accesos disponibles, vías o senderos indicados en la sección 1.9 y la Figura 1. Dos travesías menos accesibles fueron también realizadas: la de Licto a Huamboya (Figura 1) fue abandonada 2 km al este de El Placer debido al mal clima y ríos crecidos; aquella de Salcedo a Tena, siguiendo el curso del Río Mulatos, fue completada a pesar de las dificultades que se presentaron. También se llevó a efecto trabajo adicional en Nambija/Guaysimi y Peltetec-Huarguallá.

La travesía de Papallacta-Baeza fue realizada como un ejercicio de entrenamiento para familiarizar a los miembros del equipo con el terreno metamórfico y estandarizar una terminología litológica-estructural; el Ing. Pablo Duque y Dr. Arturo Egüez, ambos de la Escuela Politécnica (Quito), ayudaron con la familiarización. Las geotravesías restantes fueron divididas entre dos grupos del Proyecto: Litherland y Bermúdez realizaron aquellas al norte de la latitud 2°30'S, y Aspden y Viteri aquellas al sur. Esta partición de la Cordillera Real, aunque restringida respecto a la experiencia de cada grupo en términos de la geología regional, fue definida para facilitar la correlación entre geotravesías adyacentes, consideradas de más importancia.

Cada geotravesía fue diseñada para obtener la mayor cantidad de datos geológicos sobre las rocas metamórficas y el cinturón Subandino, de la siguiente manera:

(a) Estudios litológicos y estructurales del afloramiento.

(b) Estudios de bloques rodados fluviales y bloques de talud; los primeros pueden proveer material “exótico” que no se encuentra en afloramientos a lo largo de las rutas de las travesías.

(c) Recolección de muestras petrológicas para estudios microscópicos de láminas delgadas.

(d) Recolección de muestras mineralizadas para estudios microscópicos y análisis químicos de laboratorio.

(e) Recolección de muestras adecuadas para análisis geocronológicos isotópicos K-Ar.

(f) Recolección de muestras fluviales para análisis geoquímico. Las que fueron tamizadas en el campo con una malla de 80.

(g) Recolección de muestras bateadas de minerales pesados para análisis cualitativo de oro e identificación de minerales.

Luego de cada geotravesía se presentaron los siguientes documentos a INEMIN (en español):

(a) Informe técnico (sin estudios microscópicos).
(b) Mapa geológico/mineral (escala 1:50000).
(c) Mapa de localización de muestras geoquímicas (1:50000).
(d) Mapa de localización de muestras petrológicas/geocronológicas (1:50000).

1.15 Presentación del informe

Este informe se presenta en Inglés y en Español. Para ahorrar tiempo, los informes técnicos y los mapas (sólo geológicos y geoquímicos) son presentados como apéndices, sin traducción en la versión en Inglés, y sin añadir ninguno de los últimos datos microscópicos o geológicos.

1.16 Agradecimientos

Durante el primer año, el apoyo financiero y administrativo fue proporcionado por INEMIN a través de su Gerente General, Sr Horacio Rueda J.; ODA (Latin American Desk) y la Embajada Británica en Quito a través del Sr. R. Norton. El apoyo científico fue proporcionado por INEMIN a través de su Gerente Técnico, Ing. E. Salazar, y de los laboratorios de Chillogallo y por BGS a través del Dr. C. R. Jones.

También apreciamos los esfuerzos de los choferes de INEMIN y de los campesinos reclutados localmente, sin los cuales las travesías a pie y en mula no hubieran podido ser realizadas.

2. GEOLOGÍA

2.1 Introducción

Esta sección es un resumen de la geología de las geotravesías realizadas, basado en los informes técnicos de comisión, los que se presentan en este informe acompañados de sus mapas, como apéndices. Se incluyen nuevos datos, como análisis de roca y estudios microscópicos, pero debido a las dificultades presentadas para obtener láminas delgadas microscópicas, la petrología se encuentra en su mayor parte basada en las observaciones de campo. Una petrología más detallada tendrá que ser presentada en el informe del año 1988.

En este punto preliminar del estudio, en lugar de establecer unidades litoestratigráficas sin sentido, se ha referido a las rocas metamórficas de la Cordillera Real y sus alrededores como el "Complejo Metamórfico". De cualquier manera, para que esta descripción tenga sentido, y se pueda realizar comparaciones fundamentales entre una y otra geotravesía, se ha dividido a este complejo en tres fajas (cinturones), de la siguiente manera (Figura 2):

(a) La faja Occidental: limitada al este por el frente Baños.

(b) La faja Central: limitada al oeste por el frente Baños y al este por el frente Subandino.

(c) La faja Oriental: limitada al oeste por el frente Subandino.

2.2 La faja occidental

2.2.1 Introducción

Este cinturón fue encontrado en un principio en el área de Peltetec y consiste de serpentinitas de Peltetec y está asociado al complejo de subducción de Peltetec. Ahora también se considera que incluye al anterior Grupo Paute y parte de los Grupos anteriores de Ambuquí, Llanganates y Zamora, descritos por Baldock (1982).

A través de la sección de Peltetec cuatro divisiones litológicas (y probablemente tectónicas) pueden ser reconocidas; de oeste a este éstas son:

(a) La división cuarcítica de Guamote.

(b) La división de filita negra de Cebadas.

(c) El complejo de subducción Peltetec.

(d) La división de rocas verdes y metasedimentos de Alao.

El metamorfismo se encuentra dentro de las facies de bajo grado descritas por Winkler (1976), pero aumenta suavemente al este hacia el frente Baños.

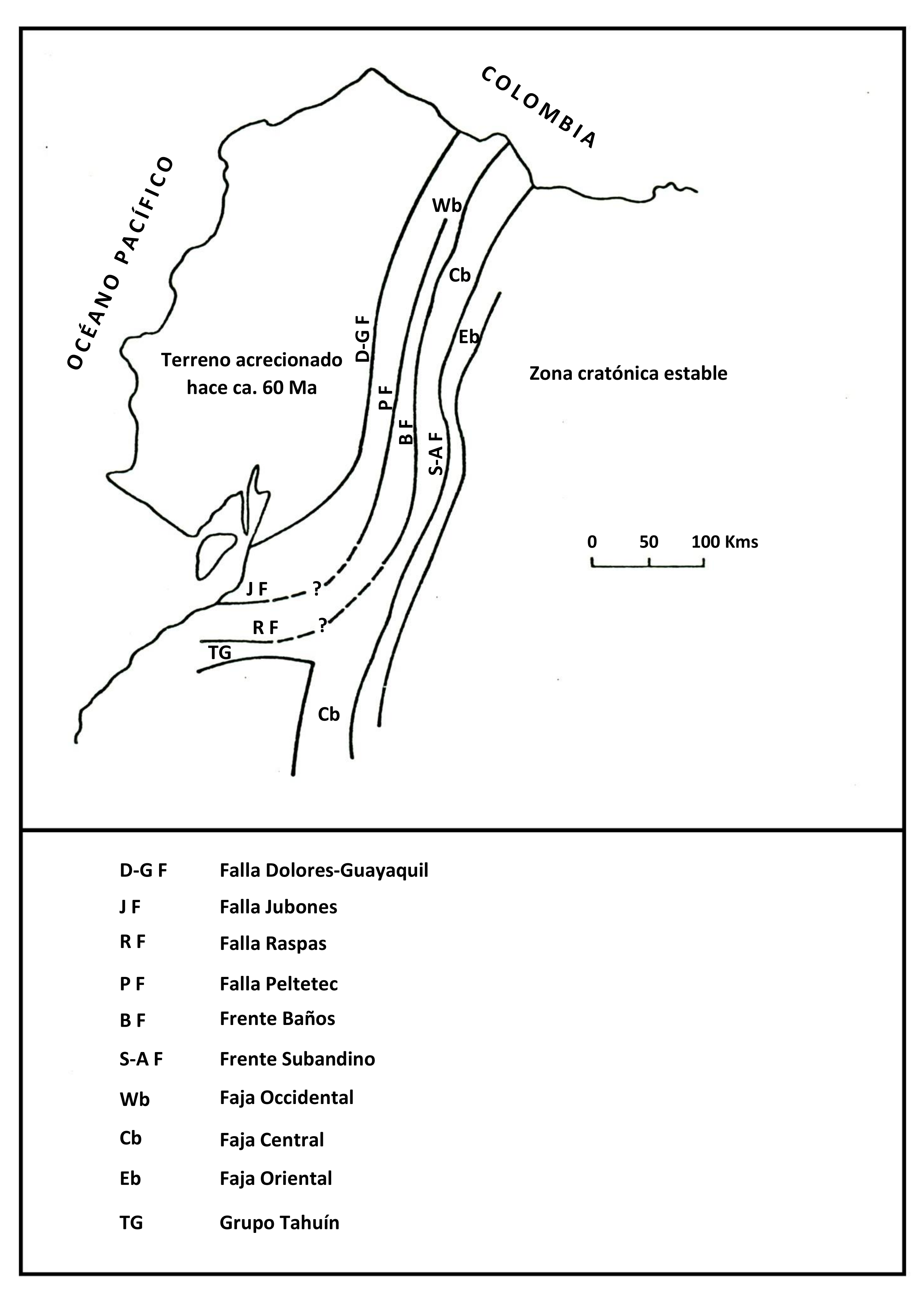


FIGURA 2 Unidades geotectónicas mayores del Ecuador mostrando las fajas litológicas/divisiones tectónicas nuevas y provisionales de la Cordillera Real y su posible extensión al SO por la Provincia de El Oro; cobertura Cenozoica no mostrada.

2.2.2 La división cuarcítica de Guamote

Este cinturón, de al menos 8 km de ancho, representa el límite occidental del complejo metamórfico dentro de la Depresión Interandina. Los afloramientos comprenden ortocuarcita masiva roja y pálida, de grano medio a fino. Éstas se encuentran intercaladas con filitas rojas, moradas, verde pálido, gris y negras. La mayor parte de los afloramientos muestran un clivaje (S2) de crenulación subvertical con rumbo ENE (oblicuo al rumbo Andino), asociado a pliegues abiertos los cuales afectan a una foliación subhorizontal de estratificación (S0) y clivaje (S1), conteniendo pliegues D1 (primera deformación) apretados a isoclinales.

2.2.3 La división de filita negra de Cebadas

Ésta comprende las filitas grafíticas negras, intercaladas con cuarcitas grises y pálidas dentro de un cinturón de aproximadamente 5 km de ancho. De la información se desprende, que esta división tiene la misma historia tectónica que la división Guamote.

2.2.4 El complejo de subducción Peltetec

Hasta ahora, la sección más completa, localizada a través del complejo de subducción, se encuentra expuesta a lo largo de un nuevo canal de irrigación en la ladera norte del Valle de Huarguallá. Aquí la división de Cebadas es seguida al este por:

(a) Aproximadamente 10 m del granito de cizalla con cuarzo azulado y feldespato ahumado, similar a los metagranitos de cuarzo azul del margen occidental del cinturón Central cerca al frente Baños. Los afloramientos indican escamas tectónicas, estructuralmente subyacentes a la serpentinita.

(b) Aproximadamente 5 m de escamas tectónicas de filita negra y cuarcita.

(c) Aproximadamente 15 m de serpentinita con inclinación al este volviéndose más rica en asbesto hacia la base.

(d) Aproximadamente 5 m de metagabro y metalava máfica.

(e) Aproximadamente 10 m de serpentinita.

(f) Aproximadamente 300 m de intervalo de exposición.

(g) Aproximadamente 100 m de filita negra, cuarcita y grauvaca. Desde aquí, las rocas son esencialmente subverticales en actitud.

(h) Aproximadamente 100 m de metalava pálida espilítica.

(i) Aproximadamente 100 m de metasedimentos silicificados de un color púrpura de grano fino con nódulos de chert carbonáceo (lyddita). Sedimentos púrpuras contienen 6-7% total de hierro (ver 126B y D, Apéndice 1). Estos se encuentran intercalados con metatobas verde pálidas (metalavas?) con vetas de asbesto.

(j) Aproximadamente 50 m de lavas espilíticas.

(k) Aproximadamente 300 m de filitas negras, cuarcitas y grauvacas con bandas ricas en grafito de 1 m de espesor.

(l) Aproximadamente 200 m de lavas espilíticas y lutitas de color malva con vetas de calcita bien desarrolladas en las lavas. Se notó un bloque de caliza negra.

Muchos de los contactos litológicos pueden ser identificados como escamas tectónicas. El segundo clivaje (S2), también es parado, con un rumbo Andino. En el mismo complejo de subducción de la sección de Peltetec, al norte, existen bloques rodados de brecha de serpentinita, y lava de almohadilla con núcleos pálidos y márgenes enfriados negros.

Este complejo puede ser rastreado hacia el sur del camino Guamote-Atillo al oeste del Río Cebadas, donde, al este de la división Cebadas existen:

(a) Cherts negros y verdes (aproximadamente 200 m).

(b) Metagranito con feldespato ahumado megacristalino (aprox. 50m).

(c) Sedimentos silicificados negros de grano fino y grauvacas (aprox. 1 km).

2.2.5 La división de rocas verdes y metasedimentos de Alao

Ésta se extiende al este del complejo de subducción de Peltetec por una distancia aproximada de 15 km hasta el frente Baños. Las rocas se encuentran dominadas por “greenstones” (rocas verdes) masivas a esquistosas con cherts verdes y pálidos menores y filitas negras. Grauvacas gradadas son prominentes al oeste. Sedimentos ferruginosos negros (24% del total de Fe) han sido notados (No. 86, Apéndice 1). Un segundo clivaje parado con rumbo Andino es prominente en este sector.

2.2.6 Extensión septentrional de las divisiones litológicas de la faja Occidental

Al norte, la división Alao puede ser identificada a través de la sección de Patate a Baños. Las rocas son idénticas: “greenstones”, esquistos verdes, filitas negras y cuarcitas menores, en lugares con chert, y mármoles finos negros. Un poco hacia el norte, en el Río Blanco de Patate, existen gabros y “greenstones”. Es posible que ésta represente material oceánico a lo largo de la línea proyectada del complejo de subducción. Observaciones estructurales a lo largo de la sección Patate-baños indican pliegues D2 y clivajes mayores verticales con rumbo Andino replegados al oeste (por D3) en un cinturón plano S2; el patrón de pliegue D2 sugiere un régimen original subhorizontal S0/S1.

Más hacia el Norte, cerca de Ambuquí, existe una ‘ventana’ de basamento dentro de las Depresiones Interandinas. Tendencias estructurales varían de N a NNW y existe una clara división entre filitas negras, cuarcitas y cherts negros al oeste, y “greenstones” al este. El contacto es tectónico a lo largo de S2, y a pesar de que no se encuentran presentes ofiolitas, la fracción de chert aumenta hacia éste. Así las rocas negras se encuentran provisionalmente correlacionadas a la división Cebadas y a las “greenstones” de la división Alao. Tectónicamente las rocas muestran pliegues verticales D3 abiertos, afectando un régimen subhorizontal S2.

2.2.7 Extensión meridional de las divisiones litológicas de la faja Occidental

En la región de la divisoria de aguas de la travesía Guamote-Macas, la división de "greenstones" de Alao fue identificada en ambos lados de una zona mayor de cizalla muy prominente en imágenes. Cherts verdes y pálidos y filitas negras son litologías subordinadas. Desde esta localidad la división de Alao puede ser razonablemente seguida hacia el sur dentro del área del "Grupo" Paute, atravesada por las geotravesías Paute-Méndez y Gualaceo-Limón. La fracción metavolcánica (la antigua "Formación" San Francisco, Bristow et al., 1980) comprende rocas verdes de un probable origen andesítico con filitas menores verdes y negras, y horizontes impuros de cuarcita. En la sección mejor preservada, se pueden observar aglomerados, lavas y toba, como los componentes volcánicos, mientras que estructuras de almohadilla han sido tentativamente identificadas. La otra unidad, los "esquistos" de El Pan, al este de las rocas verdes, es predominantemente de secuencias semipelíticas de filitas negras, filitas feldespáticas verdes (volcánicas?), cuarcitas y mármoles menores negros. La estructura tectónica dominante en estas rocas es un primer clivaje (S1) de fuerte inclinación con rumbo Andino.

2.2.8 Intrusivos

Existe una cadena con rumbo NNW de intrusiones calco-alcalinas post-tectónicas extendiéndose desde Licto-Pungalá, a lo largo del Valle de Cebadas (rodados abundantes), hasta la región de Atillo. Dominan las granodioritas, con menores dioritas y hornblenditas. Las dataciones K-Ar dan 75-85 Ma (ver No. 19 y 25, Tabla 2). De cualquier manera, la aparente extensión de este cinturón al SSE rodea el plutón Amaluza (granodiorita-tonalita) el que da una datación de 34 a 49 Ma (ver Nos. 20 y 28, Tabla 2).

Diques félsicos o microfeldespáticos concordantes o semiconcordantes han sido notados en algunas localidades. Cerca de Guamote estos se encuentran deformados por el clivaje local S2.

2.3 El frente Baños

Esta línea marca la división entre las fajas Occidental y Central del Complejo Metamórfico. Fue primeramente propuesto para indicar un hiato de alrededor de 1 km al este de Baños, donde existen rocas de bajo grado, las que ahora se atribuyen a la división de rocas verdes y metasedimentos de Alao de la faja Occidental, se encuentran yuxtapuestas contra esquistos de granate y gneises, con anfibolitas menores al este; el cambio se encuentra marcado por la aparición de cuarzo azul primario en las rocas metamórficas. Este hiato fue interpretado como un cambio de una secuencia del cinturón Occidental más joven a una secuencia del cinturón Central más antiguo, pero esta hipótesis espera ser comprobada por medio de estudios geocronológicos, paleontológicos y estructurales. Con referencia a los últimos, mientras se llevaron a cabo estudios estructurales secuenciales detallados, a través de la Sección de Baños, se asumió en esta etapa temprana, que S1 y S2, etc., eran correlativos a través del hiato. Ahora esto requiere chequeos de campo.

Al norte de Baños, el Mapa 1 muestra el frente Baños trazado bajo la cubierta de lava cenozoica a lo largo del margen occidental de la Cordillera Real. Al este, todas las rocas de basamento se encuentran dominadas por gneises y esquistos con granate y cloritoide. Así, se dibuja la línea que separa el basamento de Ambuquí (cinturón Occidental) de los esquistos de Pimampiro donde los esquistos verdes son de un grado ligeramente mayor.

Al sur de Baños, entre Alao y Huamboya, el frente puede ser seguido dividiendo las rocas verdes de Alao de los granitos de cuarzo azul y esquistos del cinturón Central. Más hacia el sur, se puede ver en imágenes la bifurcación de la línea tectónica; el lineamiento oriental se toma en cuenta como el frente Baños, ya que el occidental está rodeado por rocas verdes de Alao. El frente está continuado al sur, y luego al SW, para coincidir con un hiato tectónico/litológico milonítico observado en el campo a través del cual existe poco o ningún cambio en el grado metamórfico.

2.4 La faja Central

2.4.1 Introducción

La erección informal de este cinturón, el que geográficamente representa la “propia” Cordillera Real y también la zona de unión lógica de los cinturones paleozoicos colombianos y peruanos, está definida al norte por su grado más alto de metamorfismo y la historia metaplutónica compleja, en contraste con los cinturones Occidental y Oriental. Al sur, de todas maneras, estos contrastes no son tan claros, como dijo Herbert (1983). Las rocas incluidas en este cinturón rodean al Grupo Cofanes anterior y a partes de los Grupos anteriores de Ambuquí, Llanganates y Zamora.

Mientras que es conveniente erigir una faja Central informal en este momento del Proyecto, se debe apreciar que es tan sólo una agrupación provisional de las rocas y estudios posteriores nos llevarán a subdivisiones estratigráficas y estructurales más complejas. Estas divisiones ya se encuentran indicadas por los cambios litológicos al sur de Guamote-Macas; la presencia de una secuencia de skarn menos deformado y a la cadena calco-alcalina plutónica asociada de Azafrán; y la ocurrencia de bloques de serpentinita en el Río Guachalá, cerca de Cayambe, y al Río Chalpi, al este de Papallacta (P. Duque, com. pers.). Estos últimos ríos riegan áreas que se encuentran al este de la secuencia de subducción proyectada de Peltetec (Mapa 1) y casi seguramente se derivan de serpentinitas no descubiertas dentro del cinturón Central.

2.4.2 Rocas metasedimentarias y metavolcánicas al norte de Guamote-Macas

En la mayor parte, los esquistos y paragneises a través de las geotravesías del cinturón Central (Pimampiro-La Bonita, Papallacta-Baeza, Salcedo-Tena, Baños-Puyo y Licto-Huamboya) tienen litologías, grado metamórfico e historia estructural similares. Granate, biotita y moscovita son los minerales metamórficos prominentes al igual que cloritoide; mientras que la cianita es poco frecuente en las vetas tardías. La mica de cromo, fuchsita, fue observada esporádicamente en la mayoría de las geotravesías. Estos minerales generalmente se encuentran relacionados a la segunda esquistosidad (S2) penetrativa con fuerte inclinación, replegada en lugares por fases de deformación posteriores. Diques de anfibolita también han sido notados.

Al norte, cerca de Pimampiro, los esquistos verdes metavolcánicos son seguidos al este por metapsamitas y esquistos pelíticos (cloritoide-granate-cianita) los que pasan al paragneis semipelítico. En este sector el S2 se encuentra replegado por pliegues verticales abiertos D3 y se indica un régimen tectónico subhorizontal D2. Más al este, esquistos metavolcánicos ácidos, ricos en sericita entran en la secuencia. Entre Papallacta y Baeza la travesía se encuentra dominada por una secuencia semipelítica de cuarcitas, esquistos grafíticos y esquistos de cuarzo-albita-moscovita grises o verdosos con o sin clorita, cloritoide, biotita, epidota, granate y cianita. Esta geotravesía es la más compleja estructuralmente, debido a la presencia de un clivaje S3, el que es de tipo crenulación al este, cambiando a una fábrica penetrativa en el núcleo de la travesía donde forma un "cinturón plano" S3. En la geotravesía Salcedo-Tena, las rocas y los esquistos verdes se encuentran intercalados con cuarcitas granatíferas, esquistos pelíticos y grafíticos y gneis de ojos cuarzo-feldespato a lo largo del Río Anatenorio, antes de pasar a paragneises semipelíticos a lo largo del Río Mulatos. Entre Baños y el granito de Azafrán, los esquistos son esencialmente rocas semipelíticas con prominente granate y cloritoide. Existe cuarzo azul en estas rocas cerca del frente Baños y anfibolitas concordantes fueron notadas. También se observaron rocas similares en las travesías a Licto-Huamboya. La secuencia de Baños-Azafrán está interrumpida tectónicamente por una franja de filita grafítica de bajo grado cerca de Río Blanco.

Aparte de las rocas de Río Blanco, los metasedimentos de bajo grado también ocurren al SE de un hiato tectónico, particularmente fácil de notar en imágenes LANDSAT, el cual entra en Colombia al norte de La Bonita. Estas filitas y psamitas con metagrauvacas y metaconglomerados son notables al tener un solo clivaje penetrativo.

La travesía Guamote-Macas marca al Sur la transición de grados "esquisto" a "filita" a lo largo de la Cordillera Real. Sólo un pequeño sector de la travesía está compuesto de esquistos pelíticos y cuarcitas (con granate) y gneises psamíticos (Mapa 1). Entre estas rocas y el frente Baños existen metalavas pálidas y metatobas bandeadas con cuarcitas y filitas. Al este existe una secuencia de grauvacas/cuarcitas (con cuarzo azul clástico), filitas grafíticas, filitas pelíticas, lavas/tobas meta-ácidas y una metalimolita negra grafítica/ferruginosa con valores totales de Fe de hasta 4.45% (ver Nos. 17- C, 121-B, 122-C, 122-D, Apéndice 1). La disposición simétrica de estas unidades a lo largo de la travesía sugiere la presencia de pliegues D1 de gran escala, verticales en el oeste con una penetración subparalela S2, pero subhorizontal en el área del Río Abanico, donde S2 pliega el bandeamiento S0/S1.

Una visita posterior realizada por Ivan Verset (INEMIN-Misión Belga) a la localidad de la metalimolita negra en el Río Abanico, localizó una muestra de rodado fosilífero que contenía formas con la apariencia de tentaculoides (Ordovícico-Devónico).

2.4.3 Rocas metasedimentarias y metavolcánicas al sur de Guamote-Macas

Éstas pueden ser provisionalmente agrupadas en las siguientes tres divisiones:

(a) La división de gneis y esquisto de Zumba.

(b) La división semipelítica-filítica de Loja.

(c) La división de esquistos verdes de Guarumales.

2.4.3.1 La división de gneis y esquisto de Zumba ha sido localizada al sur de la geotravesía Loja-Zumba, al norte de Loja, y al este de Sabanilla, cerca de Zamora. El Mapa 1 muestra los afloramientos de Zumba y Sabanilla interpretados como un cinturón continuo.

La división comprende gneises cuarzo-feldespáticos biotíticos (moscovita) de grano medio a grueso, esquistos pelíticos y cuarcitas; con zonas migmatíticas pegmatíticas en el sur donde las rocas gnéisicas indican para- y orto-afinidades, las últimas en la forma de gneis xenolítico tonalítico. Al este de Sabanilla, la división Zumba contiene sillimanita, cordierita, andalucita y granate (Trouw, 1976) y es probable que estos minerales se relacionen a los efectos de contacto metamórfico de un intrusivo irregular, pero bastante enterrado, tonalítico-granodiorítico.

Mientras que en la sección de Sabanilla-Loja existe la posibilidad de que las rocas gnéisicas se encuentren relacionadas a las fases de intrusivos como equivalentes de un grado superior de la división semipelítica filítica de Loja, en otros sectores existen puntos de evidencia que inciden de otra manera.

(a) Al norte de Loja, la división Zumba, se encuentra cortada por el plutón San Lucas.

(b) La división Zumba, alrededor de Zumba y norte de Loja posee una fábrica penetrativa representando por lo menos la segunda fase de deformación (D2), axial planar a unos pliegues isoclinales menos fuertes con rumbo Andino. Este tipo de deformación es diferente (más compleja) del de la adyacente división de Loja, sobre la que tan sólo el primer clivaje es penetrativo.

(c) Bandas de anfibolita son prominentes en la secuencia gnéisica.

2.4.3.2 La división semipelítica-filítica de Loja es la unidad metamórfica dominante en el sur de la Cordillera Real. Es una secuencia monótona de cuarcitas generalmente impuras; metalimolitas; filitas, grafíticas a veces; pizarras; y metagrauvacas ocasionales. Existe una ausencia generalizada de rocas verdosas de afinidades metavolcánicas. Se han notado filitas que contienen cloritoide. En las travesías al norte (Gualaceo-Limón y Paute Méndez), las rocas cercanas al frente Subandino comprenden filitas grafíticas y pelíticas, filitas verdes y metalimolita negra; la última es similar a las rocas al este de la travesía Guamote-Macas.

Al sur, la división de Loja se encuentra marcada tan sólo por un clivaje (S1) penetrativo, por lo general fuertemente inclinado, con rumbo Andino, y subparalelo a la estratificación; replegado por un clivaje de crenulación S2 parado axial planar a pliegues menores apretados. Al norte, S2 se vuelve más penetrativo y existen zonas limitadas de S1 subhorizontal.

2.4.3.3 La división de esquistos verdes de Guarumales se encuentra al este del frente Baños, al sur de la Cordillera Real hasta la geotravesía Guamote-Macas (2.4.2). Las litologías se encuentran marcadas por rocas esquistosas verdes diagnósticas de afinidad volcánica, asociadas con filitas grafíticas negras, esquistos cuarzosos, esquistos/rocas verdes albíticas y cuarcitas, en lugares con cuarzo azul clástico. Éstas no son muy diferentes a las rocas verdes de la división de Alao y del cinturón Occidental encontrado al oeste del frente Baños. En la geotravesía Paute-Méndez las litologías cercanas al frente Baños contienen granate y posiblemente sillimanita.

2.4.4 Rocas plutónicas y meta-plutónicas

En los estudios durante las geotravesías se han encontrado nuevos cuerpos plutónicos y metaplutónicos dentro de la faja Central, a algunos de los cuales, incluso ahora, se los puede relacionar con nuevas cadenas plutónicas a lo largo de la cordillera. Pudiendo hacerse la siguiente división provisional.

(a) La cadena metagranítica biotítica de "cuarzo azul".

(b) La cadena calco-alcalina de Azafrán (variablemente deformada).

(c) Otros cuerpos metaplutónicos.

(d) Otros plutones no deformados.

2.4.4.1 La cadena metagranítica biotítica de "cuarzo azul" ha sido notada a lo largo de cuatro geotravesías.

(a) En Papallacta, demostrada por el Ing. P. Duque, existen metagranitos de cuarzo azul, de grano grueso, que contienen sillimanita.

(b) Al sur por Baños, existen los metagranitos esquistosos que contienen cuarzo azul, con vetas de cuarzo azul, los que fueron notados a lo largo de una angosta sección inmediatamente al este del frente Baños.

(c) Al este del frente Baños, hacia El Placer (Licto-Huamboya), hay aproximadamente 5 km de metagranitos de cuarzo azul ligeramente deformados.

(d) Al sur de Sigsig, y expuestos en el Río Santa Bárbara cerca de la Mina Peggy, existen afloramientos de granito masivo de cuarzo azul con biotita y gneis esquistoso y deformado, los que también contienen cuarzo azul.

En algunas de las rocas metagraníticas se destacan megacristales de feldespato gris o ahumado de hasta 4 cm de largo.

Al norte de Papallacta, existen metagranitos de biotita porfiroblástica, pero sin el cuarzo azul: como rodados en el Río Guachalá (observaciones personales) drenando en las rocas metamórficas de las laderas del volcán Cayambe; y como afloramiento extensivo a lo largo de la frontera con Colombia. En este sector (Tulcán-La Bonita) existen tres metagranitos dentro del esquisto/paragneis. El más occidental (Sacha) es de grano medio mientras que los otros (Chingual y La Bonita) son de grano grueso con biotita porfiroblástica orientada a lo largo de una foliación fuerte que corresponde a S2 en los esquistos. La zona de contacto al sur del cuerpo Chingual está marcada por aproximadamente 100m de anfibolita hornblenda-porfiroblástica.

2.4.4.2 La cadena calco-alcalina de Azafrán es un término aplicado a la extensión, al norte y sur, del conjunto plutónico de Azafrán, previamente notado tan sólo en Azafrán en la travesía Baños-Puyo.

A lo largo del corte del camino al “Granito” de Azafrán (en apariencia similar a una monzonita cuarzosa leucocrática) se lo encontró asociado con diorita, una litología que domina los bloques rodados en el adyacente Río Verde. Las rocas en este sector son en unos casos frescas, con poca deformación, o en otros gnéisicas.

Más hacia el norte, la cadena de Azafrán está representada en el Río Mulatos por granodioritas, con xenolitos máficos ígneos, y dioritas menores, monzonitas, gabros y granitos. Estas rocas muestran gneisificación selectiva a lo largo de zonas discretas de cizalla las que también fueron notadas en los paragneises miloníticos adyacentes.

Al sur de Azafrán, rodados de metadiorita fueron notados en el extremo oriental de la travesía Licto-Huamboya. Más hacia el sur, a lo largo de la travesía Guamote-Macas, un gran complejo plutónico calco-alcalino fue indicado por rodados al sur del camino, al oeste del Río Abanico. Predominan granodioritas xenolíticas no deformadas con menos diorita, gabro y dolerita, los que también afloran en el camino, cortando las filitas de roca madre.

Partiendo de estas ocurrencias, una cadena calco-alcalina con rumbo Andino puede estar postulada inmediatamente al oeste del frente Subandino. Un mayor soporte para la unificación de la cadena plutónica viene de la presencia común, en el Río Mulatos, Azafrán y Río Abanico, de bloques de un gabro hornbléndico porfirítico no-común, en algunos casos con cristales hornbléndicos redondos de hasta 1 cm.

2.4.4.3 Otros cuerpos metaplutónicos los que aún no pueden ser relacionados a las cadenas plutónicas antes mencionadas, incluyen:

(a) En el extremo norte, el cuerpo metaplutónico de Pimampiro (edad K-Ar de 72 Ma, Tabla 2): una roca híbrida, con xenolitos ígneos máficos, y conteniendo porfiroblastos hornbléndicos al igual que coágulos de moscovita-biotita alineados a lo largo de la fábrica regional S2. Más al este, cerca de La Bonita, existe un pequeño stock de metadiorita el que presenta considerable milonitización.

(b) Ortogneises tonalíticos han sido identificados tentativamente, asociados con el gneis de Zumba. La “Tonalita de Palanda” de aproximadamente 180 Ma de edad (Tabla 2) representa probablemente un sector de estas rocas.

2.4.4.4 Otros plutones no deformados observados a lo largo de las geotravesías, y que aún no pueden ser relacionados a las cadenas antes mencionadas, incluyen los plutones meridionales de San Lucas, Río Mayo y Zamora, todos de afinidad calco-alcalina. El plutón de San Lucas comprende tonalita-granodiorita con menores fases de granito y diorita. Su geocronología K-Ar da 50-70 Ma (Tabla 2). El plutón del Río Mayo, al sur, es un cuerpo elongado con dirección N-S de composición similar. El "batolito" de Zamora no ha sido estudiado, pero los informes indican la presencia de un complejo intrusivo calco-alcalino.

2.4.5 Intrusiones menores

2.4.5.1 Vetas de cuarzo son bastante comunes dentro de las rocas metamórficas del cinturón Central y, en general, son paralelas a superficies tectónicas penetrativas S1 y S2 con vetas de cuarzo S3 prominentes sobre la travesía Papallacta-Baeza. Estas vetas raramente exceden de 1 m en potencia. Vetas de cuarzo más anchas, las que también pueden ser concordantes a esquistosas, pueden relacionarse a movimientos posteriores más quebradizos.

2.4.5.2 Vetas ígneas son también comunes en algunos sectores, y muchos tipos de granitoides pueden estar relacionados a fases marginales de plutones posteriores adyacentes, ej. el plutón del Río Mayo (Loja-Zumba). Otros tipos que cruzan la foliación pueden estar relacionados a actividad volcánica Cenozoica. Vetas migmatíticas (plegadas) verdaderas han sido notadas tan sólo en la división de gneis de Zumba.

Pequeñas pegmatitas posteriores, conteniendo turmalina en algunos lugares, fueron encontradas en Azafrán, Loja-Zumba, cerca del Río Abanico y cerca de Pimampiro, las cuales pueden estar relacionadas a plutones calco-alcalinos cercanos. Existen conjuntos locales de diques félsicos, de hasta 40 m en potencia, y pequeños cuerpos, los que parecen ser tardío-tectónicos con respecto a la esquistosidad local S2; ellos son concordantes y muchos poseen márgenes foliados. El tipo composicional dominante es una micromonzonita cuarzosa leucocrática, pero también se han notado granitos, aplogranitos y pórfidos. Estos conjuntos son particularmente prominentes en el cinturón de esquistos verdes cerca de Pimampiro, en los gneises al norte de La Bonita y a lo largo del sector oriental de la travesía Guamote-Macas donde se encuentran asociados con pequeñas pegmatitas y se encuentran cerca de pequeños cuerpos granodioríticos y de aplogranito. Es probable que estos conjuntos se encuentren relacionados al emplazamiento tectónico tardío de plutones calco-alcalinos adyacentes.

2.4.6 Litologías de bloques "exóticos"

Éstas se refieren a litologías encontradas en forma de bloques sueltos, pero no vistas en los afloramientos; tan sólo aquellas consideradas de mayor importancia se describen a continuación.

2.4.6.1 Bloques de serpentinita han sido encontrados en el Río Guachalá cerca al pueblo de Cayambe (Sauer, 1965; y observaciones personales); estos se derivan claramente del este y de la asociación de rodados metamórficos (paragneises, esquistos y metagranitos de cuarzo azul) los que indicarían una derivación de la faja Central.

También se han notado serpentinitas en el Río Chalpi (P. Duque, comunicación personal) el cual corre desde el norte en el Río Papallacta casi 6 km al este de Papallacta. Río abajo cerca de Baeza, Colony y Sinclair (1932) también han reportado serpentinitas. Es posible que las serpentinitas de Chalpi y Guachalá se deriven de una misma fuente de un cinturón ofiolítico.

2.4.6.2 Bloques de roca de skarn con otros tipos exóticos, fueron encontrados en el Río Mulatos (Salcedo-Tena) y en ríos y riachuelos que vienen del oeste. Los siguientes litotipos fueron notados (ver análisis, Apéndice 1):

(a) Skarn pálido con carbonato libre: estos normalmente poseen tintes epidóticos verdes y vetas de magnetita y pueden poseer también granate y cristales de anfíbol con orientaciones al azar. Tremolita asbestiforme está desarrollada por las superficies de fracturas.

(b) Skarns negros: esencialmente de composición cuarzo-epidota-magnetita-anfíbol-granate. Estos están por lo general fuertemente mineralizados, dando un lustre gris metálico a los bloques del río.

(c) Cherts de color blanco-gris y tobas calcáreas verdes laminadas intercaladas con (a).

(d) Filitas ferruginosas negras mineralizadas y biotititas negras, las últimas probablemente derivadas de orillos (*selvages*) con abundante biotita en vetas de calcita, en plutones calco-alcalinos gneisificados adyacentes.

(e) Lavas basálticas no deformadas, débilmente metamorfizadas, con estructuras de almohadilla identificadas tentativamente.

Los minerales de skarn en estas rocas pueden estar relacionados a rocas plutónicas calco-alcalinas adyacentes a la cadena de Azafrán. Es interesante notar que, estructuralmente, los bloques exhiben discretas zonas gnéisicas similares a las de los cuerpos plutónicos adyacentes. Ambos carecen de la deformación regional penetrativa encontrada en los esquistos y paragneises adyacentes del cinturón Central.

2.4.6.3 Otros bloques exóticos: ríos que bañan la zona de contacto entre el plutón Sacha y los paragneises al oeste (Tulcán-La Bonita) contienen bloques de metalava básica y esquistos tremolíticos ultramáficos.

2.5 El frente Subandino

La faja Oriental de rocas "semimetamórficas", algunas de las cuales son Formaciones cretácicas reconocidas de la plataforma Oriental, se encuentra separada de la faja Central por una línea tectónica a la cual se nombra aquí como el frente Subandino. La localización aproximada de esta línea es bien conocida (Tschopp, 1953; Baldock, 1982), pero su posición exacta no está definida debido a la inaccesibilidad del terreno; los variados parámetros litológicos y tectonometamórficos utilizados para distinguirlo; y el hecho de que la "zona de transición" puede comprender más de una zona de "corrimiento". Para sobrellevar estas dificultades el frente Subandino está definido provisionalmente como el cambio del complejo metamórfico occidental de la faja Central a unidades estructuralmente menos complejas y de grado metamórfico más bajo del cinturón Oriental, el que puede estar correlacionado con las Formaciones jurásicas-cretácicas de la plataforma Oriental. Esta definición permite a un cinturón Central más antiguo una transición tectono-metamórfica del cratón: cinturón móvil, como lo sugirió Feininger (1975).

Durante el primer año de geotravesías, se ha reconocido en forma muy clara un frente Subandino como el cambio repentino hacia el este, a lo largo del Río Mulatos, desde las rocas de la cadena calco-alcalina de Azafrán (gnéisicas en algunos lugares), hacia las lavas ácidas débilmente deformadas y rocas de la Formación Napo: un cambio de aproximadamente 8 km más al oeste de aquel indicado en el mapa geológico nacional (Baldock, 1982). Se debe tomar en cuenta, al menos para la sección del Río Mulatos, que esta importante estructura no tiene expresión clara en las imágenes LANDSAT, aunque al norte probablemente se una a un lineamiento que trunca el complejo (anular?) ígneo al norte del Río Valle Vicioso, desde donde puede ser trazada la travesía Papallacta-Baeza. Al sur del Río Mulatos el frente Subandino ha sido delimitado en el campo con varios grados de precisión e interpretación subjetiva en las siguientes geotravesías: Baños-Puyo, Guamote-Macas, Paute-Méndez y Gualaceo-Limón. Los detalles de esto se encuentran en la siguiente sección (2.6).

2.6 La faja Oriental

Como se notó previamente (2.5), el cinturón Oriental comprende rocas "semimetamórficas" entre el cinturón Central y la plataforma Oriental. Trabajos previos han demostrado que dentro de este cinturón probablemente existen "escamas" tectónicas, algunas de las cuales pueden ser identificadas con Formaciones litoestratigráficas de la plataforma Oriental, ej. las Formaciones cretácicas Napo y Hollín. Algunos trabajos realizados, por ejemplo, Tschopp (1953), han indicado que unidades más antiguas, ej. las Formaciones Chapiza (Jurásica), Macuma (Carbonífera) y Pumbuiza (Devónica?), también pueden estar presentes. Estas unidades de afinidad dudosa han sido incluidas en el Grupo Margajitas (Paleozoica-Mesozoica) por Baldock (1982). Dentro de este cinturón oriental se encuentra el batolito granítico de Abitagua datado de aproximadamente 180 Ma, pero de acuerdo con Mortimer y Malo (1980), éste tiene contactos intrusivos contra Formaciones cretácicas.

La siguiente descripción del cinturón se deriva del primer año de geotravesías, de norte a sur:

2.6.1 Papallacta-Baeza

En esta sección, el cambio de la faja Central a la Oriental (frente Subandino) puede estar postulado al oeste de Baeza, a 2 km de la confluencia del Quijos/Huagrayacu. El cambio está dentro de un intervalo de exposición (gap), partiendo desde esquistos con dos esquistosidades penetrativas en el oeste, hasta metavolcánicos clivados, silíceos, verde-grises, con cuarzo-clorita-albita y fragmentos volcanoclásticos deformados. Estas rocas poseen un clivaje S1 vertical de rumbo Andino, cortado por un clivaje de crenulación S2 vertical, axial planar a pliegues menores bordeando al este. Cerca de Baeza, hay filitas púrpuras clivadas con la misma historia tectónica. Se notaron además afloramientos y bloques de filita grafítica y caliza negra en arroyos cercanos a Baeza los que podrían representar a la Formación Napo. La historia tectónica contrastante a través del propuesto frente Subandino es importante ya que, esquistos verdes semejantes a aquellos del cinturón Oriental, afloran en el cinturón Central a lo largo del camino al oeste. De hecho, este sector es el menos convincente en términos de contrastes litológicos a través del frente, aunque un trabajo adicional sobre esta misma región, realizado por Van Thournout y Piedra (1986) indicó una mayor ruptura tectónica al oeste de Baeza.

2.6.2 Río Mulatos (Salcedo-Tena)

Como se mencionó anteriormente, esta sección probablemente es la transición más convincente de la faja Central a la Oriental. Dejando las rocas de la cadena calco-alcalina de Azafrán uno se enfrenta a las lavas silíceas clivadas, de color verde grisáceo oscuro y piroclásticos, los cuales hacia el Granito de Abitagua pierden todos los signos de deformación tectónica. Las lavas no deformadas son pálidas, negras, transparentes, rosadas, de tipo silíceo porfirítico, asociadas con brechas de flujo y piroclastos. Existe un cinturón intermedio de calizas negras fosilíferas clivadas, calcilutitas, y rocas fosfáticas con un clivaje buzando al oeste con rumbo Andino axial planar a pliegues con inmersión aproximadamente de 40° al SSW. También se notaron bloques de fangolita negra, chert y arenisca de grano fino amarilla, morada y roja. Una interpretación provisional correlaciona las rocas carbonáticas con la Formación Napo, debido a la presencia de capas de fosfato diagnóstico (Wilkinson, 1982), y a los volcánicos con el miembro Misahuallí de la Formación Chapiza (Jurásica).

Cerca al contacto del Granito de Abitagua, las rocas volcánicas se encuentran interrumpidas por un afloramiento de granito en el río (no se vieron contactos); existe también un afloramiento in situ, mostrando una zona angosta de feldespatización. En estas bases, el Granito de Abitagua se encuentra relacionado provisionalmente como intruyendo la envoltura volcánica Misahuallí. El margen occidental del Granito de Abitagua, como se lo ve en el Río Mulatos, comprende una zona exterior de granito de grano medio hornbléndico-biotítico xenolítico y una zona interior más joven de granito de grano grueso biotítico con feldespato-K megacristalino.

2.6.3 Baños-Puyo

En esta sección existe un intervalo de exposición que sigue a los afloramientos más orientales de la monzonita de cuarzo de Azafrán, la cual intruye a los esquistos con dos clivajes penetrativos. Los afloramientos al este del intervalo exhiben metavolcánicos grisáceos, metagrauvacas de cuarzo azul, filitas pelíticas y filitas grafíticas las cuales poseen tan solo un clivaje penetrativo. Los bloques en el Río Topo, derivados de este cinturón, comprenden también calizas negras fosilíferas, fangolita negra con concreciones de pirita; y una brecha pre-tectónica que contiene fragmentos angulares de la monzonita de Azafrán en una roca negra clivada volcánica porfirítica. Así, el frente Subandino es trazado al este de la monzonita de Azafrán la cual está dividiendo a las rocas de historia tectono-metamórfica diferente.

El granito de Abitagua en la sección Baños-Puyo no está deformado y exhibe un margen occidental (2 km) de feldespato-K megacristalino y una fase central equigranular de grano grueso. Diques volcánicos y xenolitos se encuentran presentes en algunos lugares, siendo un tipo composicional la micromonzonita.

2.6.4 Guamote-Macas

A lo largo de esta geotravesía el frente Subandino es trazado al este del Río Abanico incluyendo los cerros de metalimolita negra de bajo grado dentro del cinturón Central. Más hacia el este, existen bloques de conglomerado, con clastos de metalimolita negra, y, en los cerros no deformados, con inclinación al oeste, de Macas existen afloramientos de la Formación cretácica Hollín.

2.6.5 Paute-Méndez

Aquí la división semipelítica filítica de Loja es remplazada al este por un cinturón de metalimolitas negras y filitas, provisionalmente incluido en el cinturón Central, seguido de conglomerados (con clastos metamórficos), calizas negras y calcilutitas (probablemente la Formación Napo) y cuarcita (Formación Hollín). El clivaje está pobremente desarrollado en estas rocas.

2.6.6 Gualaceo-Limón

En estas geotravesías, siguiendo al este en la división semipelítica filítica de Loja, la cual contiene dos clivajes penetrativos, existen cinco zonas tectónicas delgadas atribuidas al cinturón Oriental, éstas son:

(a) Metatobas y volcánicos félsicos (aproximadamente 500 m)

(b) Milonitas (aproximadamente 1 km)

(c) Filitas grafíticas y anfibolitas? (aproximadamente 1 km)

(d) Metavolcánicos (aproximadamente 1 km)

(e) Pizarras de bajo grado con fósiles (Formación Napo?)

La fracción metavolcánica se encuentra asignada tentativamente al Miembro Misahuallí de la Formación Chapiza.

2.7 Discusión

En esta sección se ha intentado resumir la geología del primer año de geotravesías y de proponer subdivisiones litológicas y tectónicas informales como un patrón para el futuro. De todas maneras, mientras los estudios marcan un avance en la comprensión de las rocas metamórficas, aún existen casos insuficientes para proponer modelos que den una historia geológica del área. Más geotravesías, investigaciones estructurales específicas, estudios paleontológicos y el programa geocronológico son necesarios para llegar a deducir su estado actual.

Las siguientes secciones discuten el posible significado de nuevos descubrimientos a la vez que indaga los problemas que restan por ser resueltos.

2.7.1 La faja Occidental

La identificación de la faja Occidental y el complejo de subducción de Peltetec permite a las rocas, que previamente se les asignó a unidades litoestratigráficas diferentes, ser reasignadas para abrir la posibilidad de correlación regional con Colombia y la Provincia de El Oro. Mas aún su identificación será crucial para la comprensión del cinturón Central principal ya que el complejo de subducción permitirá proponer modelos de tectónica de placas que justifiquen la historia geológica más al este.

Sumado a esto está la importancia geotectónica a la "línea" de Peltetec durante la evolución posterior de los Andes ecuatorianos.

2.7.1.1 La naturaleza de la faja Occidental ha sido ya objeto de especulación (Aspden et al., 1987) y a las divisiones litológicas en Peltetec se las ha interpretado tentativamente de la siguiente manera:

(a) La división cuarcítica de Guamote: molasa continental

(b) La división de filita negra de Cebadas: sedimentos pelágicos

(c) Complejo de subducción de Peltetec: corteza oceánica/sedimentos del antearco

(d) Las rocas verdes de Alao y la división metasedimentaria: secuencia de arco de isla/trasarco?.

Las rocas continentales más antiguas al oeste de Cuenca (Lebrat et al., 1986) las que subyacen a la Formación Macuchi/Celica podrían representar un pedazo del continente occidental, el cual chocó para cerrar la cuenca oceánica/marginal de Peltetec. De todas maneras, se debe notar que escamas tectónicas de metagranitos de cuarzo azul/feldespato ahumado fueron encontradas estructuralmente bajo el complejo de subducción con buzamiento al este, siendo similares a los metagranitos al este del frente Baños. Esto, junto con la evidencia regional para pliegues D1 horizontales, da la posibilidad de que la faja Occidental represente un complejo de nappe de tipo Himalaya que se extiende al oeste partiendo del frente Baños.

2.7.1.2 La correlación con Colombia también ha sido indicada (Aspden et al., 1987), uniendo al complejo de subducción de Peltetec con la Falla Romeral de aproximadamente 120 Ma, relacionada a una secuencia colisional común (terreno oceánico Amaime y cinturón Central) previa a la acreción de la Cordillera Occidental a lo largo de la sutura Cauca-Patía/Calacalí-Pallatanga de aproximadamente 60 Ma (Aspden et al., 1987); proponiendo así el crecimiento hacia afuera del continente Sudamericano debido a acreciones sucesivas.

2.7.1.3 La correlación con el cinturón metamórfico de El Oro aún tiene que ser probada en el campo, pero la salida más obvia para el complejo de Peltetec es por la dirección de la Falla de Jubones, siendo las rocas al sur, hasta las ofiolitas y esquistos azules de Raspas, correlativas al cinturón Occidental.

2.7.1.4 Las implicaciones geotectónicas para los Andes ecuatorianos se encuentran explicadas con un vistazo a las imágenes LANDSAT de la fosa tectónica Interandina. Se puede ver como la línea del complejo de Peltetec controla la falla oriental de la fosa (lineamiento del Río Chambo) y la actividad volcánica cenozoica (Altar, Tungurahua, Cotopaxi), de la misma forma que la sutura más joven de Calacalí-Pallatanga controla la falla Occidental. Así, la ‘sutura’ Peltetec ha sido una línea fundamental de debilidad a lo largo de la historia cenozoica del Ecuador.

2.7.2 El frente Baños

Mientras que esta estructura marca el límite oriental del cinturón Occidental, su significado continúa sujeto a especulación. Básicamente existen dos líneas de acercamiento:

(a) El frente Baños es la margen continental más antigua que se halla expuesta.

(b) El frente Baños es una estructura fundamental que refleja una margen continental más antigua en profundidad.

La primera (a) tomaría a las rocas metasedimentarias y metavolcánicas del cinturón Central, como más antiguas que aquellas del cinturón Occidental y, como parte de una secuencia ¿Paleozoica? de margen continental más antigua; la segunda (b) identificaría a estas mismas rocas como la cuenca de trasarco levantada e intruida contra la secuencia de subducción Peltetec. Más abajo, varios puntos de evidencia se discuten a la luz de estas dos posibilidades.

(1) Los metagranitos de cuarzo azul se encuentran inmediatamente al este del frente Baños: metagranitos similares encontrados hacia el este (Tulcán-La Bonita) no llevan cuarzo azul, ¿Acaso el cuarzo azul indica la excavación de facies granulíticas de corteza profunda, a lo largo del frente Baños? (P. Duque (comunicación personal) reportó el mineral sillimanita de alto grado del metagranito de Papallacta). Si es así pueden existir granulitas más antiguas (a) o Mesozoicas (b) relacionadas a la colisión de tipo Himalaya local. De todas maneras, el cuarzo azul puede estar relacionado tan sólo a efectos cataclásticos a lo largo del frente. Esta alternativa parece más precisa para el afloramiento de Sigsig donde los granitos de cuarzo azul se intruyen en filitas verdes de bajo grado de la división de Guarumales.

(2) La salida natural para el frente Baños al sur es a través de la Formación Raspas de la Provincia de El Oro. Aquí, otra vez se encuentran rocas de alta presión de corteza profunda en forma de esquistos azules.

(3) Estudios estructurales a través del frente Baños no han revelado cambios significativos en la historia tectónica vis-a-vis con la deformación polifásica. Si el frente marca un margen continental más antiguo expuesto (a), claramente se podría esperar encontrar al este, estructuras más antiguas sobrepuestas por aquellas relacionadas a la colisión de Peltetec al oeste. A este respecto, vale la pena mencionar que un segundo clivaje de penetración (S2) que aparece, puede ser desarrollado al norte a una latitud en la que las rocas en ambos lados del frente Baños indican la posibilidad de alguna forma de cohesión tectónica.

(4) Existen diques micromonzoníticos de periodos tectónicos tardíos (tardío-S2) tanto en el cinturón Occidental como en el Central. Si estos son de la misma edad, la teoría (b) estará respaldada.

(5) Los 'greenstones/greenschists' se encuentran en ambos lados del frente Baños en Ambuquí-Pimampiro, Guamote-Macas, Paute-Méndez, Cuenca-Limón y Sigsig-Chigüinda. Al norte existe una marcada diferencia en el grado metamórfico y asociación litológica a través del frente, pero al sur esto no es tan claro. ¿son estas rocas de la misma unidad (b)? o ¿Son más antiguas las del este (a)?

2.7.3 La faja Central

Los siguientes puntos son importantes en este capítulo, siendo geológicamente la más compleja de las tres fajas.

(a) El gneis de Zumba y la división de esquistos son los candidatos más favorables para un basamento más antiguo, posiblemente Precámbrico. La presencia de migmatitas, y su historia estructural más compleja, sugiere una relación de basamento: cobertura con respecto a la adyacente división semipelítica Loja. Así, el cinturón Central al sur puede subyacer al basamento ensiálico, como se indica en los estudios peruanos (Laubacher y Megard, 1985). En contraste, no se cree que existan vestigios Precámbricos a lo largo de la frontera colombiana al norte (cf. Feininger, 1982); en el sentido de que no se han notado rocas migmatíticas o granulíticas de alto grado.

(b) Mientras que ciertas relaciones en edad han sido determinadas en el cinturón Central, no se ha llegado a ninguna conclusión con respecto a la edad de las rocas metasedimentarias y metavolcánicas. La correlación de los litotipos a lo largo del cinturón no se facilita por la falta en general de bandas de guía o secuencias que podrían ser trazadas de una geotravesía a otra. De todas maneras, se puede sugerir que la división de filitas verdes de Guarumales al sur está representada al norte por esquistos verdes los que se encuentran cerca al frente Baños en las cercanías de Pimampiro y también en la sección Papallacta-Baeza. A los esquistos y paragneises del cinturón Central al norte se los considera como una unidad litoestratigráfica en términos de historia tectono-metamórfica y litotipos. Esquistos de cloritoide-granate y de fuchsita son característicos. Una metapsamita azul-gris característica fue notada a lo largo de ambas travesías Tulcán-La Bonita y Guamote-Macas, y ésta es la clase de correlación más útil.

(c) De todas maneras, Guamote-Macas representa la transición en grado metamórfico, por la ausencia de granate metamórfico regional en las rocas al sur (con la excepción del “basamento” de Zumba). Esto podría ser explicado por isógradas hundiéndose al sur; un fenómeno que podría tener relación con la gran abundancia en el norte de metaplutones de emplazamiento profundo.

(d) También existe la posibilidad de que el cinturón Central se bifurque sobre la región crítica al sur de Guamote-Macas. Si se asume como rocas paleozoicas, basándose en datos de Colombia y Perú, entonces es posible que las rocas del Paleozoico Superior de El Oro (al sur de Raspas) puedan unirse con las rocas del cinturón Central. A este respecto, es pertinente anotar que la división semipelítica de Loja no ha sido trazada de manera satisfactoria por Guamote-Macas. En la síntesis final, mucho dependerá de si, y cómo, las rocas de El Oro se correlacionan con las de la Cordillera Real.

(e) Ya se ha indicado que el término ‘faja (cinturón) Central’ es provisional, especialmente con respecto a la identificación de bloques ‘exóticos’ de serpentinita que salen de él. La siguiente secuencia de eventos al norte pueden ser citados como los más evidentes de una historia ‘orogénica’ multifásica (sedimentaria-plutónica):

    (1) El metamorfismo regional forma esquistos y paragneises acompañados (syn-D2) de la intrusión de la cadena de metagranitos, que contienen cuarzo azul a lo largo del frente Baños.

    (2) Seguido de: deposición de carbonatos, lavas, etc. (bloques de skarn); la intrusión de la cadena calco-alcalina de Azafrán y la milonitización/gneisificación local de estas rocas.

(f) Una característica interesante de la cadena de Azafrán es la aparente ausencia de milonitización/gneisificación selectiva en los bloques sueltos del plutón Abanico (Guamote-Macas) al sur. Ésta, y la asociación calco-alcalina, llevan a especular que la cadena de Azafrán se puede extender hacia el sur para rodear los plutones calco-alcalinos no deformados del Río Mayo y Zamora, llevándonos a especular que los skarns de oro de Nambija están relacionados, tanto en edad como en paragénesis, a los skarns de los Llanganates (Río Mulatos).

2.7.4 La faja Oriental y el frente Subandino

Se cree que las rocas de la faja Oriental se correlacionan con las Formaciones fanerozoicas identificadas en la plataforma Oriental (Tschopp, 1953), y esto se ha confirmado ampliamente con los estudios de las geotravesías. Sin embargo, las unidades metamórficas tales como los mármoles negros y filitas negras no son necesariamente diagnósticos de una Formación paleozoica/mesozoica particular del Oriente, mientras que las aparentes escamas tectónicas dentro del cinturón Oriental, acompañadas de la formación de clivaje, efectivamente dominan la identificación de columnas estratigráficas 'tipo'.

Con respecto a la correlación de eventos 'orogénicos' a través de la Cordillera Real, es importante notar las rupturas estratigráficas en las rocas de la plataforma Oriental (Tschopp, 1953). Esto ocurre bajo y sobre la Formación Macuma (Carbonífero Superior); y con marcada discordancia entre la Formación Santiago (Jurásico Inferior) y la Formación Chapiza (Jurásico Medio-Superior); y entre la Formación Chapiza y la Formación Hollín (Cretácico Inferior). Asumiendo que éstas últimas discordancias sean registradas como eventos tectono-metamórficos sobre la Cordillera Real, entonces se deberán esperar dataciones de alrededor de 180 Ma y 120-140 Ma; a más de las dataciones de aproximadamente 50 Ma, las que deberán coincidir con el 'sobrecorrimiento' (o última fase de movimiento) a lo largo del cinturón Oriental, envolviendo las Formaciones Hollín, Napo y Tena (Cretácico Superior-Paleoceno Inferior), una datación que aproximadamente coincide con la sutura de colisión Calacalí-Pallatanga, situada al oeste del cinturón Occidental.

2.8 Conclusiones

Un patrón litológico y tectónico se ha establecido para el esclarecimiento de la historia geológica de la Cordillera Real. Este patrón espera estudios posteriores geocronológicos, paleontológicos y de geotravesía (incluyendo la Provincia de El Oro) antes de realizar interpretaciones serias.

A pesar de que dos frentes tectónicos fundamentales han sido identificados separando los tres cinturones de rocas, el significado completo de estos frentes aún no ha sido apreciado; todavía no está claro si ellos separan las rocas de diferentes edades o de diferentes ambientes orogénicos.

Lo que sí está claro es la complejidad de la historia Fanerozoica de esta sección Andina y la necesidad de dilucidar la secuencia de procesos operativos para que el potencial minero del área pueda ser totalmente comprendido.

3. OCURRENCIAS MINERALES Y ANOMALÍAS GEOQUÍMICAS

En esta sección, las agrupaciones minerales siguen a aquellas presentadas por el Mining Journal. Tan sólo se indican aquí las ocurrencias de minerales y las anomalías geoquímicas encontradas por el Proyecto. Éstas se encuentran integradas con descubrimientos minerales previos, bajo el capítulo 4.

3.1 Metales preciosos

3.1.1 Oro

El potencial aurífero de las geotravesías aún tiene que ser evaluado. Para esto se espera los análisis de minerales pesados recolectados en la mayoría de las estaciones geoquímicas.

Los análisis de las rocas de algunos de los bloques de skarn negro del Río Mulatos dan valores de oro hasta de 15 gr/ton. La importancia de este nuevo "cinturón de oro de Los Llanganates" se discute bajo 4.1.

Se realizó un examen piloto de oro aluvial e in situ del Ecuador por B. Beddoe-Stephens (BGS, Edinburgh) y se lo adjunta como Apéndice 3 en este informe. El informe cubre muestras de oro aluvial de todo el país, incluyendo seis muestras de los ríos que fluyen a través de la Cordillera Real (Nos. JACR 4-10). Las muestras JACR 1, 18 y 19, de muestras de oro primario de Nambija/Guaysimi, se discuten en 4.1.

Valores anómalos de arsénico hasta de 126 ppm en muestras fluviales B30, B31, B33 y B34 recolectadas al oeste del Río Abanico (Guamote-Macas) podrían estar relacionados a una mineralización de oro del complejo plutónico calco-alcalino Abanico al sur.

3.1.2 Plata

Valores de plata en los skarns del Río Mulatos llegan a 22 gr/ton y son relativos a los correspondientes valores de oro (Apéndice 1).

Valores de plata de hasta 18 gr/ton se encuentran en pequeñas vetas de mineralización de cobre relacionadas al complejo de subducción de Peltetec (Apéndice 1). Mineralización de plata previamente identificada se discute en "Mineralización relacionada al frente Baños" (4.2).

3.1.3 Platino

El Apéndice 3 contiene un reporte de granos de platino aluvial del Río Camumbí. Provincia de Carchi, fuera del área del Proyecto.

3.2 Metales mayores principales

3.2.1 Cobre

De norte a sur la mineralización de cobre y las anomalías geoquímicas han sido notadas en las siguientes localidades:

(a) Pequeña mineralización de cobre alterándose a malaquita asociada con el metaplutón de Pimampiro.

(b) Un bloque rodado de cuarzo de veta con azurita fue reportado en el Río Sardinas Chico (Papallacta-Baeza). Investigaciones posteriores realizadas por una brigada económica de INEMIN (Van Thournout y Piedra, 1986) trazaron esta mineralización a una zona de "greisen" de 5 km de largo con pequeñas mineralizaciones de Cu-Zn dentro de las meta-andesitas, probablemente correspondientes al miembro Misahuallí.

(c) Se encontraron sulfuros de cobre en varios afloramientos y bloques sueltos en el Río Mulatos (Salcedo-Tena). Esto incluye los skarns pálidos, los skarns negros con oro fuertemente mineralizados, esquistos biotíticos y paragneises. De todas maneras, análisis de rocas muestran valores de Cu hasta de 273 ppm (Apéndice 1), mientras que muestras fluviales (Apéndice 2) a pesar de presentar Cu anómalo en este sector (muestras B42-B47) llegan a un máximo tan sólo de 157 ppm.

(d) Pequeñas vetas de Cu-Zn ocurren en los gneises y esquistos cerca del túnel de Agoyán (Baños-Puyo), y diseminaciones de calcopirita/bornita fueron encontradas en esquistos cercanos.

(e) Pequeñas vetas de Cu se encontraron en las serpentinitas y rocas adyacentes (cuarcitas negras finas, lutitas negras) del complejo de subducción de Peltetec-Huarguallá. En una muestra de Cu el valor llega a 5% (Apéndice 1).

(f) En la travesía Licto-Huamboya existen numerosas vetas de cuarzo concordantes que contienen pequeñas mineralizaciones de calcopirita-Pb-Zn, sobre la región de la divisoria de aguas cerca al frente Baños.

(g) En la travesía Guamote-Macas, existen pequeñas diseminaciones de calcopirita en las rocas verdes cerca de la Laguna Atillo, y en pequeñas vetas de cuarzo en las meta-limolitas negras cerca al Río Abanico. También existe un horizonte de "metagrauvaca"/metavolcánico ácido con alto contenido de sulfuro (hasta 5%) encontrado en cuatro localidades a lo largo de la sección. Estas ocurrencias han sido interpretadas de manera provisional como una sola Formación plegada. Es posible que la mineralización sea de tipo "stratabound". De todas maneras, el contenido de cobre es tan sólo de 252 ppm (Apéndice 1). Una anomalía de cobre de 125 ppm ocurre sobre este sector.

(h) En la travesía Paute-Méndez existe una veta de pirita masiva con calcopirita/bornita en los esquistos verdes de Guarumales. El contenido de Cu sólo llega a 231 ppm (Apéndice 1). En esa misma travesía existe una anomalía de cobre de 181 ppm que viene de filitas metavolcánicas más al este (Apéndice 2).

(i) Al este de Catamayo, existen pequeñas vetas de cuarzo que contienen calcopirita dentro de la división semipelítica de Loja.

3.2.2 Plomo y zinc
De norte a sur se han notado las siguientes ocurrencias y anomalías geoquímicas:

(a) Pequeñas vetas de cuarzo con galena fueron notadas cortando un afloramiento de un granito moscovítico concordante dentro de los esquistos verdes cerca de Sigsigpamba (Ibarra-La Bonita).

(b) En la travesía Papallacta-Baeza se notaron indicios de galena en muestras rodadas del Río Sardinas Chico (ver 3.2.1).

(c) En la travesía Baños-Puyo vetas de Cu-Zn fueron notadas cerca de Agoyán (ver 3.2.1).

(d) Se notó esfalerita con cobre en pequeñas vetas cortando cuarcitas negras finas asociadas con el complejo de subducción de Peltetec. Es interesante notar el valor de Zn más alto (1700 ppm) en la zona de alteración sobreyacente (Apéndice 1).

(e) Se notó esfalerita con galena a la vez que una mineralización de Cu en la divisoria de aguas en Licto-Huamboya (ver 3.2.1).

(f) Existe una anomalía geoquímica de Zn de 339 ppm correspondiente a una anomalía de As y Cu (ver 3.2.1) a lo largo de la travesía Guamote-Macas.

(g) Una anomalía alta de Zn de 2300 ppm (Apéndice 2) ocurre en las rocas verdes de Alao al oeste del plutón de Amaluza (Paute-Méndez). Otra de 625 ppm ocurre localmente.

3.3 Metales de la industria del acero

3.3.1 Cromo
Una pequeña veta de mineralización de cobre asociada con el complejo de subducción de Peltetec da 1600 ppm Cr (Apéndice 1). Cerca, existe una anomalía geoquímica de 651 ppm del arroyo que fluye de la serpentinita de Peltetec. El valor de Cr de la roca de serpentinita es de 277 ppm.

Existe una anomalía geoquímica interesante de Cr de 422 ppm (Apéndice 2) posiblemente relacionada al plutón de San Lucas (Catamayo-Loja).

La fuchsita, mica de cromo, fue notada en especímenes de esquisto de algunas de las travesías al norte a través del cinturón Central.

3.3.2 Cobalto
El valor de Co más alto en las rocas analizadas es 411 ppm de la unidad “stratabound” metagrauvaca/metavolcánica rica en sulfuros (ver 3.2.1).

No se obtuvieron anomalías de Co de los resultados en el Apéndice 2.

3.3.3 Hierro
Además de pequeñas concentraciones de hematita en vetas, la única concentración interesante de Fe ocurre en los bloques de skarn de magnetita del Río Mulatos donde los valores totales de hierro llegan a 39% (Apéndice 1). Estos skarns negros presentan mineralización de magnetita con vetas o diseminaciones. Un estudio de la roca fuente podría localizar mineralización masiva en vetas; a pesar de que el examen de muestras rodadas no descubrió grandes bloques de magnetita.

Un metasedimento negro ferruginoso del cinturón Oriental presenta un valor de Fe de 24% (Apéndice 1).

3.3.4 Molibdeno
Pequeñas escamas de molibdenita, de hasta 1 cm de ancho, fueron vistas en vetas de cuarzo que cortan la zona máfica de contacto al sur del ortogneis de Chingual a lo largo del camino a La Bonita.

3.3.5 Níquel
Existe una anomalía geoquímica de Ni de 801 ppm (aproximadamente ocho veces del "background") del arroyo que fluye por la serpentinita de Peltetec (Apéndice 2). Esto es cinco veces el valor de Ni de la roca de serpentinita (155 ppm) (Apéndice 1). En esta estación también el cromo tiene valor anómalo (ver 3.3.1).

A los valores de níquel para los sedimentos fluviales recolectados en la travesía Loja-Zumba (Apéndice 2) no se los puede considerar confiables.

El valor más alto de Ni de los análisis de roca (742 ppm) viene de material rojo de meteorización en pequeñas vetas de cuarzo que cortan las filitas negras cerca de Ambuquí.

3.3.6 Tungsteno
De aquellas muestras analizadas, el contenido más alto de W provino de los skarns del Mulatos y de rocas asociadas; siendo el valor más alto 1700 ppm.

3.4 Minerales radioactivos
No se llevaron a cabo travesías con escintilómetro, pero todas las muestras recolectadas en el campo fueron examinadas en la oficina con un escintilómetro portátil de rayos gama. No se notaron valores anomálicos.

3.5 Minerales de la industria química

3.5.1 Yeso
Se observaron pequeñas mineralizaciones de yeso relacionadas a zonas de caolín (ver 3.5.2), pero no tienen interés económico.

3.5.2 Caolín

Depósitos de caolín han sido observados relacionados a rocas volcánicas felsíticas fuertemente alteradas al este de la travesía Gualaceo-Limón; y a intrusivos microfeldespáticos fuertemente alterados. Cerca de Pimampiro, en el camino a Monte Olivo, existe una zona de fuerte alteración de 20 m dentro de un dique de 40 m en los esquistos verdes. A lo largo de la travesía Baños-Puyo existen diques microfeldespáticos fuertemente alterados en el granito Abitagua. En ambas ocurrencias existe un cuarzo fino de 5-10% de la roca. Las muestras han sido enviadas al proyecto de minerales industriales de INEMIN.

3.5.3 Rocas fosfáticas

Un bloque granitoide rico en apatito fue encontrado en la faja Central de la travesía Papallacta-Baeza. Los apatitos tienen hasta 2 mm de largo y comprenden alrededor de 5-10% de la roca.

Una nueva capa de roca fosfática de aproximadamente 50 cm de espesor de tipo Formación Napo, fue descubierta en el Río Mulatos al este del frente Subandino dentro de una secuencia de calcilutitas rojas y lutitas negras. La roca es una caliza fosfática similar a la descrita por Wilkinson (1982) perteneciente a otros sitios en la Formación Napo. Pellets fosfáticos de color rojo-café de hasta 3 mm de largo ocurren en una matriz carbonática. La secuencia se encuentra plegada y clivada buzando cerca de 40° al sur.

Aún no se encuentran disponibles los resultados analíticos para estas localidades fosfáticas.

3.6 Aislantes y refractarios

3.6.1 Asbesto

El descubrimiento de asbesto más interesante se encuentra relacionado a la serpentinita del Valle de Huarguallá. La serpentinita se inclina al este y en la parte más deformada, en los 5 m que comprende la base, se forma asbesto de crisotilo (tipo slip-fibre) a lo largo de planos de movimiento espaciados de 1-3 mm. A niveles estructurales más altos la serpentinita (5-10 m) es más masiva y el asbesto se forma por vetas que separan bloques de aproximadamente 20×10×20 cm de tamaño. Las muestras han sido enviadas al proyecto de minerales metálicos de INEMIN. Más hacia el norte, a lo largo del camino a Alao, bloques del mismo cuerpo de serpentinita presentan pequeñas vetas que contienen asbesto azul.

Existen pequeñas vetas de asbesto en bloques exóticos en el Río Mulatos, que no tienen importancia económica.

3.6.2 Grafito

Esquistos y filitas ricos en grafito fueron reportados de varias geotravesías, pero es dudoso si alguno tiene importancia económica. Las ocurrencias de grado más alto fueron notadas en Papallacta-Baeza, Patate-Baños, Valle de Huarguallá, Amaluza-Méndez y Gualaceo-Limón. Las muestras han sido enviadas al proyecto de minerales industriales de INEMIN.

3.6.3 Magnesita

Este mineral se encuentra dentro de las vetas de asbesto en la serpentinita de Huarguallá, pero no en concentraciones económicamente interesantes.

3.6.4 Minerales de sillimanita

A pesar de que la cianita ha sido notada en el campo, y la sillimanita en estudios petrográficos recientes, su ocurrencia tan sólo es de interés académico.

3.7 Otros minerales industriales, rocas, piedras preciosas y aguas termales

3.7.1 Carbonato

Las calizas de la Formación Napo ocurren en la faja Oriental. El resto de la Cordillera Real sólo presenta delgadas bandas de mármol dentro de las secuencias metamórficas.

Pequeñas vetas de calcita son comunes en las secuencias de rocas verdes. Éstas se encuentran mejor desarrolladas en el Valle de Huarguallá donde se pueden recolectar cristales de calcita de hasta 30×20×20 cm de tamaño, pero estos no son de la calidad del espato de Islandia.

Se notaron depósitos de travertino, de los cuales el más grande, cerca de Baeza, es de cinco metros de espesor.

3.7.2 Arcillas

Muestras de una secuencia de arcilla aluvial de 2 m de espesor cerca al Río Cugusha (Guamote-Macas) han sido enviada al proyecto de minerales industriales de INEMIN.

3.7.3 Feldespato

Rocas con abundante feldespato ocurren en forma de cuarzomonzonitas (ej. Azafrán), diques y filones microfeldespáticos, aplogranitos y aplitas. Es poco probable que alguna de estas rocas tenga interés económico.

3.7.4 Granate

Este mineral utilizado industrialmente como abrasivo, es común en los esquistos y gneises de la Cordillera Real y frecuentemente es un componente importante de las muestras pesadas bateadas. De todas maneras, en términos de concentración económica la única posibilidad está en la fuente de los skarns del Mulatos, ya que un tipo común de 'skarn pálido' rosado de grano fino ha sido examinado petrográficamente y esencialmente es una roca de granate.

3.7.5 Aguas termales

Una pequeña efusión fue encontrada cerca de El Placer (Licto-Huamboya), al este de las principales localidades conocidas (de Grys et al., 1970).

3.7.6 Micas

No se encontraron depósitos de interés económico; las pegmatitas son muy pequeñas como para producir grandes láminas de mica. En el Río Mulatos existen pequeños bloques de esquistos con altos contenidos de biotita.

3.7.7 Cuarzo
Vetas de cuarzo de más de 1 m de ancho son raras. Existe una veta de 3 mm de cuarzo casi puro cerca de Sigsigpamba.

En el cuarzo se han notado coloraciones púrpura, azul, ahumada y amarillenta, pero ninguno de estos materiales es apropiado para la industria de piedras semipreciosas.

3.7.8 Pizarra
Se encontró material con potencial para ser utilizado en tejas, a 4 km al oeste de Baños.

3.7.9 Piedra
Existen unas pocas canteras en el área como fuentes de ripio; la grava se saca del granito de Abitagua descompuesto. La piedra para construcción es poco utilizada; la mayoría de las viviendas son de adobe. Hay potencial para piedra ornamental; especialmente los granitos de cuarzo azul y feldespato ahumado de la Mina Peggy (Sigsig). También se han notado gabros megacristalinos. La serpentinita de Huarguallá podría ser utilizada para labrado ornamental.

3.7.10 Talco
Existen bandas, de hasta 2 m de ancho, de esquistos 'talcosos' blancos y finos, dentro de los esquistos pelíticos cerca al Río Cugusha (Guamote-Macas). Las muestras han sido enviadas al proyecto de minerales industriales de INEMIN.

3.7.11 Turmalina
Turmalina chorlo ha sido reportada asociada con pequeñas pegmatitas. No se encontró turmalina en grado de piedra preciosa. Una muestra del Río Mulatos contiene 25% de turmalina (Apéndice 5).

4. POTENCIAL MINERAL REGIONAL

Basándose en el primer año de trabajo del proyecto, y en datos preexistentes, se puede proponer tres nuevos cinturones con rumbo Andino de la siguiente manera:

(a) El cinturón de skarn aurífero de los Llanganates.

(b) El cinturón de Ag-Cu-Zn-Pb relacionado al frente Baños.

(c) El cinturón ofiolítico de Peltetec.

4.1 El cinturón de skarn aurífero de los Llanganates y su posible correlación con Nambija

4.1.1 Los skarns del Río Mulatos

Las rocas de skarn y los bloques exóticos asociados provenientes de ríos y arroyos al oeste del Río Mulatos presentan las siguientes litologías:

(a) Skarns pálidos

(b) Skarns negros

(c) Calizas, probablemente relacionadas a los skarns pálidos

(d) Cherts y metatobas? verdes calcáreas

(e) 'Metalavas' negras, las que bajo el microscopio se las ve como serpentinitas ultramáficas, confirmando así la presencia de rocas 'ofiolíticas' en el Río Mulatos (Sauer, 1965), pero no en la cantidad indicada.

(f) Filitas con megacristales de granate de metamorfismo de contacto (ver Apéndice 5).

Las litologías dominantes de los rodados son skarns pálidos y negros que presentan valores de oro provisionales de 4 a 15 gr/ton (Apéndice 1); los valores más altos en los skarns negros.

Estudios petrográficos preliminares llevados a cabo recientemente en las oficinas de INEMIN y en UK (Apéndice 5) presentan una diferencia en color relacionada al contenido de hierro. Así el color de los skarns negros se relaciona principalmente a la presencia de anfíbol rico en hierro (ferrohastingsita) y también a un contenido de magnetita más elevado. Los skarns negros tienen también un mayor contenido de sulfuros, cuya alteración se atribuye al lustre metálico característico de los bloques del río. Tanto la mineralización de magnetita como de sulfuros son tardías, pero aún no está claro si el oro está relacionado o no a alguno de estos minerales.

Ambos tipos de skarn pueden ser distinguidos por hedenbergita y granate tipo grandita (grosularia-andradita) como minerales de skarn prógrados. Así la diferencia en el color del skarn puede explicarse esencialmente por el enriquecimiento posterior de hierro en lugar de un contenido de hierro protolítico más alto. Si esto es verdad, entonces el hierro probablemente provino de las dioritas y granodioritas adyacentes, las que, se asume, fueron responsables del metamorfismo del skarn.

Se ha resuelto ya un misterio con los nuevos estudios petrográficos: los bloques de 'skarn pálido' se encuentran dominados por una roca dura, rosada, de grano fino, en etapas de alteración a fases verdosas a lo largo de vetas o zonas gnéisicas. Petrográficamente estas 'zonas de alteración' comprenden epidota, piroxeno y anfíbol pobre en Fe, y calcita; mientras que la 'roca rosada' no es protolítica sino roca de granate, marcando, probablemente, la primera fase de mineralización del skarn.

4.1.2 Otros skarns del cinturón de los Llanganates

Después de la travesía del Río Mulatos (4.1.1), Merlyn y Cruz (1986) localizaron bloques de skarn de granate-magnetita-pirita-sulfuros en los Ríos Aguas Blancas y Parcayacu hacia el sur a lo largo del mismo rumbo que las rocas fuentes de los skarns del Río Mulatos. Mármoles subhorizontales in situ (aproximadamente 50 m de espesor) también fueron encontrados en la misma área suprayacente a una fase metaplutónica con un contacto no-metamórfico agudo. Es posible que este ortogneis subyacente represente una fase plutónica más antigua en la evolución del cinturón Central y que las calizas suprayacentes sean los protolitos del skarn.

Más hacia el norte, existen reportes de skarns auríferos del Río Chalupas.

Al sur ha habido reportes de skarns de la concesión Brunner del área de Cerro Hermoso.

4.1.3 La naturaleza del cinturón de skarn aurífero de los Llanganates

Al plotear las ocurrencias del skarn de Los Llanganates se produce un cinturón aproximadamente linear con un rumbo de 10° al este a partir del norte, oblicuo al rumbo regional (30°) que se encuentra marcado en las imágenes LANDSAT, y es paralelo a las milonitas en el Río Mulatos. Se conoce muy poco sobre este cinturón con referencia a relaciones de contacto in situ. De los estudios en el Río Mulatos se podría sugerir que las rocas protolíticas de la secuencia de skarn y otras litologías exóticas no fueron parte de los gneises y esquistos regionales del cinturón Central, pero fueron depositados más tarde e intruidos por la cadena de plutones calco-alcalina de Azafrán (ver Apéndice 4, para una datación K-Ar Jurásica más del complejo de Azafrán). Esta hipótesis está basada en la aparente falta de historia tectono-metamórfica pre-skarn. De todas maneras, en muchos casos, se podría sugerir que el metamorfismo de skarn podría destruir las huellas tectono-metamórficas previas.

Tampoco se ha demostrado que los skarns se encuentren relacionados a la cadena calco-alcalina de Azafrán. Esta relación sólo se encuentra indicada por su proximidad y por la abundancia de vetas de calcita-biotita-sulfuros en las rocas plutónicas. La relación de los skarns y los cinturones miloníticos tardíos es también desconocida; a pesar de que ciertos bloques exhiben zonas gnéisicas locales.

De seguro se requiere de mucho trabajo para formular una historia geológica del sector, particularmente con respecto a las relaciones entre la secuencia de gneis/esquisto, los protolitos de skarn, las rocas plutónicas y metaplutónicas, y las milonitas. La presencia de bloques ?ofiolíticos en el Río Mulatos podría ser significante en un intento de correlacionar el protolito de skarn con rocas paleozoicas o mesozoicas de la plataforma Oriental. La historia de fases metamórfica/metasomática de esta formación de skarn y su relación con la mineralización de oro es un estudio complejo en sí.

4.1.4 Acerca de la posibilidad de correlacionar los cinturones de skarn aurífero de los Llanganates y Nambija

Los skarns de Nambija son rocas pálidas dominadas por granate de tipo grandita y relacionados a un complejo plutónico calco-alcalino ('batolito' de Zamora), con una datación provisional como Jurásica (Apéndice 4). La edad del protolito del skarn es desconocida, pero si la edad jurásica para el complejo se confirma, entonces se puede eliminar a las calizas cretácicas Napo como candidatas. Bloques rodados magnetíticos se han encontrado en ríos que fluyen del batolito de Zamora (Ing. L. Torres, comunicación personal).

Las dataciones preliminares presentan a los complejos calco-alcalinos de Azafrán y Zamora como de edad similar (Apéndice 3). La cadena de Azafrán ha sido extendida al sur a lo largo de su rumbo hasta Abanico (Mapa 1). Hacia el sur un bloque fluvial de skarn pálido (clinopiroxeno-anfíbol-granate) fue recolectado al este del frente Baños en la geotravesía Paute-Méndez.

Estos puntos indican la posibilidad de que los skarns de Los Llanganates y de Nambija se relacionen a una cadena plutónica calco-alcalina y a un protolito de skarn comunes. La ausencia de rocas de skarn en ciertos sectores (ej. Guamote-Macas, Papallacta-Baeza, Ibarra-La Bonita) podría deberse al emplazamiento tectónico subsecuente de las rocas de skarn, en diferentes niveles a lo largo de la Cordillera Real.

4.2 El frente Baños y su relación con un cinturón de Ag-Cu-Zn-Pb

La línea del frente Baños ha sido trazada por motivos geológicos; a pesar de que ésta importante falla tectónica fundamental en la Cordillera Real aún no ha sido interpretada de manera satisfactoria. Es impresionante como se relaciona esta línea a los depósitos hidrotermales polimetálicos tipo veta preexistentes o nuevos de Ag-Cu-Zn-Pb a lo largo de aproximadamente los 200 km de la falla hasta ahora delimitada. De norte a sur estos son:

4.2.1 Área de Baños

Existe una ocurrencia de depósitos de Cu-Zn en los esquistos y gneises del cinturón Central cerca de Agoyán, aproximadamente 3 km al este del frente Baños. Viejas minas de plata también fueron reportadas al sur de Baños en Tungurahua (Archivo Histórico Nacional, 7/8/1766).

4.2.2 Condorazo-Cubillín-Alao

Existen varias minas antiguas de plata, con mineralización asociada de Zn-Pb-Cu, las que caen a ambos lados del frente Baños desde Tungurahua al sur a la travesía Licto-Huamboya (Alao) (Navarro, 1986, Vol. II). Esto ocurre tanto en los volcánicos cenozoicos de Altar como en las rocas metamórficas infrayacentes (A. Hirtz, comunicación personal). Pequeñas vetas de cuarzo mineralizadas fueron encontradas en ambos lados del frente Baños sobre la división de aguas de Alao-Huamboya; es decir en el metagranito de cuarzo azul al este del frente y en las rocas verdes de Alao al oeste. Mineralización polimetálica en las rocas verdes de Alao continúa al oeste en la región de Alao hacia la ofiolita de Peltetec (ver 4.3) (A. Hirtz, comunicación personal).

4.2.3 Atillo-Guarumales

En este sector, A. Hirtz (comunicación personal) reporta mineralización polimetálica en el norte cerca al frente Baños; mientras que a lo largo del frente por Guarumales el Proyecto encontró mineralización polimetálica dentro de una región de anomalías geoquímicas Pb-Mo-Zn (Bristow et al., 1980). Al oeste de este sector está la antigua mina de plata de Pilzhum.

4.2.4 Sigsig-Gima

En la región de la Mina Peggy (Sigsig), cayendo a ambos lados del frente Baños, existen vetas de Ag-Cu-Zn-Pb (Entwistle, 1982) e indicios de Ag a lo largo del frente al sur por Gima (Goossens, 1972). Al oeste del frente Baños está la importante mina polimetálica de San Bartolomé dentro de dioritas y piroclásticos cenozoicos (Goossens, 1972) suprayaciendo las rocas verdes de Alao.

4.2.5 Discusión

El trazado de divisiones litológicas fundamentales y de frentes tectónicos parece presentar alguna forma de control en la mineralización polimetálica de Baños a Sigsig. La mineralización se encuentra cerca de la línea del frente Baños y también al oeste (rocas verdes de Alao) y en un menor grado al este (faja Central), ya sea en las rocas metamórficas o dentro de las secuencias cenozoicas suprayacentes. Si las rocas de Alao representan a un arco de islas acrecionado, entonces la ocurrencia de mineralización Ag-Cu-Zn-Pb dentro de ellas y a lo largo de la zona de ?colisión del frente Baños podría ser interpretada como una removilización hidrotermal de sulfuros volcánicos primarios de tipo primitivo o Kuroko (Edwards y Atkinson, 1986). En ambos casos las concentraciones de minerales podrían relacionarse a centros volcánicos locales del arco de islas.

4.3 El cinturón ofiolítico Peltetec

Este complejo cinturón de serpentinitas, gabros, lavas espilíticas, cherts y sedimentos oceánicos de grano fino, y depósitos de antearco se caracteriza en Peltetec y Huarguallá por mineralizaciones visibles de cobre y zinc y por anomalías geoquímicas de níquel y cromo. La prospección detallada de la región de Peltetec realizada por A. Hirtz (comunicación personal) presenta análisis de roca con un máximo de cromo (0.11%), antimonio (0.23%), zinc (0.63%) y arsénico (0.12%), con valores de oro que van en aumento hacia la región de Peltetec.

Mientras que las serpentinitas son angostas y la tectónica regional compleja, la presencia de rocas de tipo ofiolítico y anomalías geoquímicas características (ej. cromo y níquel) indican la necesidad de trazar este cinturón más lejos y realizar prospección en busca de mineralización de tipo ofiolítico.

4.4 Conclusiones y trabajo futuro

El primer año de estudios ha proporcionado un patrón provisional geológico y de tectónica de placas para la Cordillera Real, y ha definido tres nuevos cinturones mineralógicos, cuyo ambiente geológico podría estar provisionalmente relacionado a este patrón. Así se podría decir que los objetivos de este Proyecto se están cumpliendo.

Aún quedan muchos problemas, y se espera que el programa geocronológico y posteriores geotravesías definan de una manera más clara la historia geológica del área, la naturaleza y extensión de los cinturones minerales, y determinen zonas de minerales aún no descubiertas. Estudios regionales serán entonces progresivamente remplazados por investigaciones de prospección geológico/mineral más detalladas. Una geotravesía a través del cinturón metamórfico de El Oro es esencial en términos de correlación regional y en la comprensión de la Deflexión de Huancabamba.

En referencia a los minerales metálicos, la investigación del cinturón de skarn aurífero de Los Llanganates está aún en su “infancia” en términos de localización de afloramientos y estudios de mineralogía de skarn y ambiente geológico. De todas maneras, ya que este cinturón podría representar la fuente principal de oro aluvial al igual que un importante depósito primario de oro, se necesitan estudios posteriores inmediatos.

Si se obtienen fondos, el Proyecto llevará a cabo los estudios de composición de oro (Apéndice 3) con estudios detallados en el batolito y skarns de Zamora, el oro aluvial del Oriente, y los skarns de Los Llanganates, para poder determinar la génesis del oro primario y la existencia o no de la correlación entre los Llanganates y Nambija (4.1.4).

La ofiolita de Peltetec tiene significado geológico y posiblemente también económico, y justifica estudios económicos e investigaciones regionales más detalladas para determinar su extensión al sur. Otras serpentinitas encontradas como bloques sueltos en el cinturón Central (incluyendo serpentinitas en el Río Mulatos recientemente confirmadas) también deberían ser investigadas.

La mayoría de las ocurrencias de minerales del cinturón polimetálico relacionado al frente Baños y aquellas de las adyacentes rocas verdes de Alao eran conocidas previamente y están siendo re-investigadas por el sector privado.

En referencia a los minerales industriales, es importante notar el inventario ya acumulado por el Proyecto, lo que incluye nuevos depósitos de asbesto y roca fosfática.

5. REFERENCIAS

ASPDEN J. A., LITHERLAND M., DUQUE P., SALAZAR E., BERMÚDEZ R y VITERI F. (En prensa) Un nuevo cinturón ofiolítico en la Cordillera Real, Ecuador, y su posible significado regional. Politécnica.

BALDOCK J. W. (1982) Geología del Ecuador. Boletín de la explicación del Mapa geológico de la República del Ecuador 1:1.000.000. Dir. Gen. Geol. y Minas. Quito.

BALDOCK J. W. (1985) The northern Andes: A review of the Ecuadorian Pacific Margin. In: The Ocean Basins and Margins, Vol. 7A The Pacific Ocean (Eds: A.E.M. Nairn et al.), Plenum Press, New York.

BRISTOW C. R. (1973) Guide to the geology of the Cuenca basin, Southern Ecuador. Soc. Ecuat. de Geol. y Geof., 54 pp.

BRISTOW C. R. y GUEVARA S. (1980) Mapa geológico de la hoja de Azogues (1:100000). Dir. Gen. Geol. y Minas, Quito.

COBBING E. J., PITCHER W. S., WILSON J. J., BALDOCK J. W., TAYLOR W. P., McCOURT W. and SNELLING N. J. (1981) The geology of the Western Cordillera of northern Perú. Overseas Mem. Inst. Geol. Sci., No 5.

DE ALMEIDA F. F. M., HASUI Y., DE BRITO NEVES B. B. and FUCK R. A. (1981) Brazilian structural provinces: an introduction. Earth-Sci. Rev. Vol. 17, 1-29.

DE GRYS A., VERA J. and GOOSSENS P. (1970) A note on the Hot Springs of Ecuador. Geothermics, special issue 2.

EDWARDS R. and ATKINSON K. (1986) Ore deposits geology, and its influence on mineral exploration. Chapman and Hall, London.

ENTWISTLE L. P. (1982) Report on the Mining Concessions held by Minera Austral SA in the Sigsig area, Azuay Province, Ecuador. Archivo de INEMIN, No 12238, Quito (no-publicado).

EVERNDEN J. (1961) Edades absolutas de algunas rocas ígneas en Bolivia. Noticiero Soc. Geol. boliviana, 2:3; La Paz.

FEBRES CORDERO L., ESPINOSA X., NAVARRO F. y RUEDA H. (1986) Mining in Ecuador, (1986) Inst. Ecuat. de Minería, Quito, 31 pp.

FEININGER T. (1975) Origin of petroleum in the Oriente of Ecuador. Bull. Am. Assoc. pet. Geol., Vol 59, No 7.

FEININGER T. (1980) Eclogite and related high-pressure regional metamorphic rocks from the Andes of Ecuador. Jour. Petrology, Vol 21, 107-140.

FEININGER T. (1982) The metamorphic “basement” of Ecuador. Bull. Geol. Soc. Amer., Vol. 93, 87-92.

FEININGER T. and SILBERMAN M. L., (1982) K-Ar geochronology of basement rocks on the northern flank of the Huancabamba Deflection, Ecuador. U.S.G.S. Open file Report No. 82-206 (no publicado).

FRUTOS J. (1982) Andean metallogeny related to the tectonic and petrologic evolution of the Cordillera: some remarkable points. In G.S. Amstutz et al. (Eds), Ore Genesis: The state of the art, Springer Verlag, Berlin, 493-507.

GANSSER A. (1973) Facts and theories on the Andes. Jour. Geol. Soc. London Vol 129, 93-132

GOOSSENS P. J. (1969) Mapa Índice mineralógico, República del Ecuador. Serv. Nac. Geol. y Minas, Quito.

GOOSSENS P. J. (1972) Los yacimientos e indicios de los minerales metálicos y no metálicos de la República del Ecuador. Dep. de Geología, Univ. de Guayaquil.

HALL M. and CALLE, J. (1982) Geochronological control for the main tectonic-magmatic events of Ecuador. Earth Sci. Rev., Vol 18, 215-239.

HERBERT H. J. and PICHLER H. (1983) K-Ar ages of rocks from the eastern Cordillera of Ecuador. Z. dt. geol. Ges. Vol. 134, 483-493.

HOLLOWAY H. L. (1932) Gold in Ecuador. Mining Magazine, April.

KENNERLEY J. B. (1971) Geology of the Llanganates area. Rep. Inst. Geol. Sci. Overseas Div., No 21, 10 pp.

KENNERLEY J. B. (1973) Geology of the Loja Province, Southern Ecuador. Rep. Inst. Geol. Sci. Overseas Div., No 23.

KENNERLEY J. B. (1980) Outline of the geology of Ecuador. Overseas Geol. Miner. Res., Inst. Geol. Sci. UK., No 55, 20 pp.

LAUBACHER G. and MEGARD F. (1985) The Hercynian basement: a review. In: Magmatism at a plate edge (Eds: W.S. Pitcher et al), Blackie, Glasgow, 29-35.

LEBRAT M., MEGARD F. and DUPUY C. (1986) Pre-orogenic volcanic assemblages and position of the suture between oceanic terranes and the South American continent in Ecuador. Zbl. Geol. Palaont. Teil 1, Vol 9/10, 1207-1214.

McCOURT W., ASPDEN J. A. and BROOK M. (1984) New geological and geochronological data from the Colombian Andes: continental growth by multiple accretion. Jour. Geol. Soc. London, Vol 141, 831-845.

MERLYN M. y CRUZ M. (1986) Informe técnico de la comisión realizada al área central de los Llanganates. Inst. Ecuat. Minería, No 6452 (no- publicado).

MORTIMER C. y MALO G. (1980) Mapa geológico de la hoja de Baños (1:100000). Dir. Gen. Geol. y Minas, Quito.

NAVARRO M. (1986) Investigación histórica de la Minería en el Ecuador. Inst. Ecuat. de Minería, Quito.

PALADINES A. (1980) Mapa metalogénico del Ecuador. Dir. Gen. Geol. y Minas, Quito.

SALAZAR E. (1986) Posibilidades auríferas del Ecuador. Mem. Cuart. Cong. Ecuat. Geol. Geof. Min. y Petrol., Tomo II, 25-42.

SAUER W. (1965) Geología del Ecuador. Editorial del Ministerio de Educación, Quito, 383 pp.

SILLITOE R. H., JARAMILLO L., DAMON P. E., SHAFIQUILLAH M. and ESCOBAR R. (1982) Setting, characteristics and age of the Andean porphyry copper belt in Colombia. Econ. Geol., Vol. 77, 1837-1850.

TROUW R. (1976) Cuatro cortes por la faja metamórfica de la Cordillera Real, Ecuador. Bol. Cient. Esc. Sup. Poli, del Litoral, Guayaquil, 40 pp.

TSCHOPP H. J. (1945) Bosquejos de la geología del Oriente ecuatoriano. Bol. ISAP, Vol. 1, No. 5.

TSCHOPP H. J. (1948) Geologische Skizze von Ecuador. Boll. Ver. Schweiz. Petrol. Geol. Ing., Vol. 15, No 48, Basel.

TSCHOPP H. J. (1953) Oil exploration in the Oriente of Ecuador. Bull. Am. Ass. Petrol. Geol., Vol. 37, No. 10, pp. 2303-2347.

VAN THOURNOUT F. (1986) Depósitos minerales en el Ecuador relacionados con terrenos geológicos y con eventos tectónicos-magmáticos. Revista Cultura, Banco Central de Quito (en prensa).

VAN THOURNOUT F. y PIEDRA J. (1986) Informe sobre la zona de Sardinas provincia del Napo. Inst. Ecuat. de Minería (no publicado).

WILKINSON A. (1982) Exploration for phosphate in Ecuador. Trans. Inst. Min. Metal., B, 130-145.

WINKLER H. G. F. (1976) Petrogenesis of metamorphic rocks. Springer - Verlag, New York, 334 pp.

WOLF T. (1892) Geografía y geología del Ecuador. Brockhaus, Leipzig.

APÉNDICE 1.

Análisis y datos de muestras mineralizadas

APÉNDICE 1. ANÁLISIS DE MUESTRAS MINERALIZADAS

CÓDIGO DE MUESTRA	ZONA	P_2O_5 (%)	Cr (ppm)	Mn (ppm)	$FeO+Fe_2O_3$ (%)	Co (ppm)	Ni (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Mo (ppm)	Ag (ppm)	W (ppm)	Au (ppm)	Pb (ppm)
CR-RB-86-167-D	AMBUQUÍ					34	742	116	236					
CR-RB-86-25-D	PAPALLACTA													
CR-RB-86-137	RÍO MULATOS		62	2100	19.25	366	62	273	112	nd	19	1700	10.0 11.1	192
CR-RB-86-140-B	"		87	491	29.05	108	143	61	587	nd	10	413	3.0 2.4	238
CR-RB-86-145-C	"		38	1800	39.08	95	73	34	309	35	12	808	4.4 3.6	225
CR-RB-86-148	"		20	1500	7.88	156	54	243	453	53	8	533	0.9 0.7	139
CR-RB-86-149	"		43	1400	13.64	223	54	249	441	40	22	870	15.2 13.8	179
CR-RB-86-151	"		26	788	6.42	21	43	21	450	nd	11	nd	2.6	93
CR-RB-86-159-A	"													
CR-RB-86-59-G	PELTETEC		277			53	155	22	369					131
CR-RB-86-60-C	"		106			113	66	18	89					178
CR-RB-86-61-B	"		712			49	238	11000	1700					416
CR-RB-86-61-D	"		1600			23	197	49300	477		18	110	0.2	238

nd = no detectado

Análisis por Laboratorios de INEMIN

APÉNDICE 1. ANÁLISIS DE MUESTRAS MINERALIZADAS *(CONTINUACIÓN)*

CÓDIGO DE MUESTRA	ZONA	P_2O_5 (%)	Cr (ppm)	Mn (ppm)	$FeO+Fe_2O_3$ (%)	Co (ppm)	Ni (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Mo (ppm)	Ag (ppm)	W (ppm)	Au (ppm)	Pb (ppm)
CR-RB-86-127	PELTETEC		215			42		393	1388		8	87	nd	120
CR-RB-86-87-K	HUARGALLÁ		570			169		15200	227		14	81	1.0	124
CR-RB-86-126-B	"			859	6.15	46	131	45	174				nd	127
CR-RB-86-126-D	"			870	7.09	47	121	102	192				nd	118
CR-RB-86-83	RÍO CEBADAS			685	2.75	55	38	34	146					102
CR-RB-86-86	"			1100	24.32	62	55	33	237					137
CR-RB-86-105	RÍO UPANO		40			411		252	193		8	80	0.2	155
CR-RB-86-117-C	"			113	1.00	57	38	21	216				0.1	150
CR-RB-86-121-B	"		35			62		273	199		6	341	0.2	95
CR-RB-86-122-A	"			84	1.00	36	72	54	76				0.2	60
CR-RB-86-122-B	"			87	1.30	24	88	46	113				0.1	99
CR-RB-86-122-C	"			212	4.45	33	59	35	233				nd	156
CR-RB-86-122-D	"			276	2.85	47	74	57	159				nd	124
CR-FV-86-156	GUARUMALES						103		231	nd	5		0.08	390

DATOS DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS

CR-RB-86-167D: Carretera Panamericana cerca de Ambuquí (8342-99495), geotravesía Ibarra-La Bonita, veta de cuarzo (10cm) con mineral rojo de intemperización en filitas grafíticas y cuarcitas.

CR-RB-86-25D: Camino Papallacta-Baeza, a 7km de Papallacta (8233-99604), bloque rodado de arroyo; lámina delgada demuestra roca tonalítica con apatita.

CR-RB-86-137: Bloque rodado, Río Mulatos, skarn negro, grano medio, de granate (40%), cuarzo y clorita.

CR-RB-86-140B: Bloque rodado, Río Mulatos, filita negra ferruginosa con sulfuros.

CR-RB-86-145C: Bloque rodado, Río Mulatos (8883-98131), skarn pálido de carbonato y epidota con vetas y diseminaciones de magnetita.

CR-RB-86-148: Bloque rodado, Río Mulatos (8855-98140), esquisto negro de casi pura biotita con sulfuros.

CR-RB-86-149: Bloque rodado, Río Mulatos (8845-98147), skarn negro grano fino, ¿anfíbol-epidota-sulfuros.

CR-RB-86-151: Bloque rodado, Río Mulatos, skarn negro, granate-epidota-anfíbol-magnetita.

CR-RB-86-159A: Río Mulatos (8836-98190), in situ banda de caliza fosfática (50cm), adentro de calcilutitas rojas y lutitas negras.

CR-RB-86-59G: Camino Pungalá-Alao (7716-97946), serpentinita no-mineralizada de la ofiolita de Peltetec.

CR-RB-86-60C: Camino Pungalá-Alao (7717-97946), bloque de veta de cuarzo-epidota-asbesto (ofiolita de Peltetec).

CR-RB-86-126A: Zona de alteración (gossan) arriba del CR-RB-86-61D.

CR-RB-86-61D: Camino Puente Maguazo-Peltetec (7735-97949), zona mineralizada de alteración en filitas y cuarcitas negras, cerca de la ofiolita de Peltetec.

CR-RB-86-127: Mismo sitio, veta con mineralización de Zn.

CR-RB-86-87K: Canal de riego, Valle de Huargualá (7713-97923), serpentinita con mineralización de Cu, extensión de la ofiolita de Peltetec.

CR-RB-86-126B: Mismo canal (7718-97922), filita púrpura de la zona ofiolítica.

CR-RB-86-126D: Mismo sitio, metasedimentos finos, púrpura y verde silicificados.

CR-RB-86-83: Camino Guamote-Atillo (7640-97694), metasedimento negro fino silicificado, parte de la secuencia ofiolítica.

CR-RB-86-86: Bloque rodado del Río Tingo (7675-97704), pizarra negra con sulfuros.

CR-RB-86-105: Camino Macas-Atillo (7987-97555), “metagrauwacke” mineralizada con Cu.

CR-RB-86-117C: Camino Macas-Atillo (8090-97515), meta-arenita negra ‘hollinosa’.

CR-RB-86-121B: Camino Macas-Atillo, cerca al Río Colimbo (8113-97494), meta-lutita negra silícea con sulfuros.

CR-RB-86-122A: Camino Macas-Atillo, bloques rodados en el Río Colimbo (8113-97494), meta-lutita silícea negra.

CR-RB-86-122B: Mismo sitio, pizarra negra.

CR-RB-86-122C: Mismo sitio, pizarra negra.

CR-RB-86-122D: Mismo sitio, metalimolita negra con sulfuros.

CR-FV-86-156: 2m de banda de sulfuros masivos concordante en esquistos verdes, Guarumales (7780-97154)

APÉNDICE 2

Análisis geoquímico de muestras de sedimentos fluviales de las geotravesías

INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS

REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICOS

LAB N°: 3550
N° de MUESTRAS: Diecinueve
PROCEDENCIA: Zamora – Zamora
Azuay – Saraguro
Loja – Loja
Saraguro-Loja, Catamayo-Loja-Zamora
SOLICITADO POR: Ing. F. Viteri
PROYECTO: Cordillera Real

ENTREGA: Ing. Iván Endara
Jefe de Laboratorios
FECHA: 13-08-86

RECEPCIÓN: Ing. W. Santamaría
Director de investigación geológica
FECHA: 13-08-86

DETERMINACIONES

CÓDIGO MUESTRA	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Co (ppm)	Cu (ppm)	Ni (ppm)
A0001	152	124	30	26	39
A0002	131	194	30	24	57
A0003	98	115	20	12	32
A0004	79	160	34	10	60
A0005	123	160	51	21	60
A0006	100	228	59	22	88
A0007	219	148	42	27	44
A0008	90	102	24	21	36
A0009	95	157	69	30	48
A0010	105	106	16	26	23
A0011	65	96	28	12	47
A0012	93	93	24	23	34
A0013	100	140	44	32	46
A0014	157	151	45	42	59
A0015	101	124	35	23	36
A0016	95	131	33	29	57
A0017	92	102	33	27	48
A0018	56	110	18	10	12
A0019	70	115	20	15	22

REALIZADO POR: Determinaciones Analíticas

SUSANA SALVADOR A.
Jefe de Determinaciones Analíticas

INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS

REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICOS

LAB N°: 3576
N° de MUESTRAS: Diecinueve
PROCEDENCIA: Zamora, Azuay, Loja
Zamora, Saraguro, Loja
Saraguro-Loja, Catamayo-Loja-Zamora
SOLICITADO POR: Ing. F. Viteri
PROYECTO: Cordillera Real

ENTREGA: Ing. Iván Endara
Jefe de Laboratorios
FECHA: 1987

RECEPCIÓN: Ing. W. Santamaría
Director de investigación geológica
FECHA: 1987

DETERMINACIONES

CÓDIGO MUESTRA	As (ppm)	Cr (ppm)
A0001	12	41
A0002	6	80
A0003	6	43
A0004	5	206
A0005	5	140
A0006	5	422
A0007	5	82
A0008	5	77
A0009	2	60
A0010	4	36
A0011	5	108
A0012	4	60
A0013	5	98
A0014	5	137
A0015	4	84
A0016	4	125
A0017	7	100
A0018	5	43
A0019	4	55

REALIZADO POR: Determinaciones Analíticas

SUSANA SALVADOR A.
Jefe de Determinaciones Analíticas

NOTA: Las muestras corresponden al LAB 3550

INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS

REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICOS

LAB N°: 3575 N° de MUESTRAS: Diecinueve PROCEDENCIA: Azuay diversos Limón-Gualaceo	ENTREGA:	Ing. Iván Endara Jefe de Laboratorios	FECHA: 26-09-86
SOLICITADO POR: Ing. F. Viteri PROYECTO: Cordillera Real	RECEPCIÓN:	Ing. W. Santamaría Director de investigación geológica	FECHA: 29-09-86

DETERMINACIONES

CÓDIGO MUESTRA	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Co (ppm)	Cu (ppm)	Ni (ppm)	Cr (ppm)
A0020	230	134	29	27	47	84
A0021	70	104	30	47	73	116
A0022	111	58	14	32	31	30
A0023	56	109	22	21	42	58
A0024	81	83	24	30	39	48
A0025	76	124	26	20	41	63
A0026	63	53	16	18	32	32
A0027	88	134	32	29	53	70
A0028	51	30	12	15	19	16
A0029	84	112	28	22	35	51
A0030	43	33	10	30	15	15
A0031	45	43	9	17	18	25
A0032	58	51	15	17	28	37
A0033	32	8	4	20	8	5
A0034	31	9	6	8	12	10
A0035	56	27	10	16	19	25
A0036	57	37	11	16	20	37
A0037	112	125	49	61	39	28
A0038	247	98	28	61	61	45

REALIZADO POR: Determinaciones Analíticas

MARIANA LÓPEZ
Jefe de Determinaciones Analíticas

INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS

REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICOS

LAB N°: 3595
N° de MUESTRAS: Treinta y ocho
PROCEDENCIA: Cañar-Azuay-Morona Santiago
Paute- Méndez
SOLICITADO POR: Ing. F. Viteri
PROYECTO: Cordillera Real

ENTREGA: Ing. Iván Endara
Jefe de Laboratorios
FECHA:

RECEPCIÓN: Ing. W. Santamaría
Director de investigación geológica
FECHA:

DETERMINACIONES

CÓDIGO MUESTRA	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Co (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Ni (ppm)	Cr (ppm)
A0039	310	103	28	573	97	97	68
A0040	127	84	29	582	32	44	29
A0041	129	97	33	781	71	85	111
A0042	137	75	18	609	33	29	21
A0043	166	105	24	720	62	47	34
A0044	146	98	29	740	56	45	24
A0045	216	104	24	863	38	34	21
A0046	121	85	20	509	32	30	19
A0047	108	100	27	679	46	37	24
A0048	122	94	26	706	41	39	33
A0049	75	71	19	547	28	24	12
A0050	0.23%	74	17	577	50	22	15
A0051	270	91	20	936	50	52	26
A0052	635	101	27	518	98	147	112
A0053	104	94	30	872	96	96	35
A0054	109	96	31	786	111	48	50
A0055	100	85	23	723	37	40	81
A0056	66	77	20	607	29	32	76
A0057	124	113	36	711	60	78	169
A0058	81	45	9	216	21	15	17
A0059	143	78	17	361	45	31	29
A0060	144	59	16	519	29	18	12
A0061	78	84	27	592	35	65	79
A0062	98	77	17	398	51	39	44
A0063	91	79	16	387	48	35	34
A0064	228	90	26	699	76	40	39
A0065	100	101	32	692	66	53	65
A0066	232	105	26	0.10%	181	28	15
A0067	156	83	21	745	74	24	13
A0068	155	105	23	0.10%	67	29	20
A0069	245	117	26	791	62	66	38
A0070	161	116	23	675	52	41	45
A0071	329	102	13	194	43	65	55
A0072	317	116	17	359	44	70	59
A0073	446	135	20	233	60	78	75
A0074	96	92	16	289	15	28	35
A0075	156	88	15	225	26	41	46
A0076	131	92	29	631	38	39	34

REALIZADO POR: Determinaciones Analíticas

SUSANA SALVADOR A.
Jefe de Determinaciones Analíticas

NOTA: Los resultados de As serán entregados posteriormente.
(Ver Apéndice 2, 2do Informe Anual, 1988).

INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS

REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICOS

LAB N°: 3618
N° de MUESTRAS: Veinte
PROCEDENCIA: Loja-Zamora Chinchipe
Loja-Zumba
SOLICITADO POR: Ing. F. Viteri
PROYECTO: Cordillera Real

ENTREGA: Ing. Iván Endara
Jefe de Laboratorios
FECHA: 13-02-87

RECEPCIÓN: Ing. W. Santamaría
Director de investigación geológica
FECHA: 17-02-87

DETERMINACIONES

CÓDIGO MUESTRA	As (ppm)	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Co (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Ni (ppm)	Cr (ppm)
A0077	30	78	121	23	546	21	423	141
A0078	34	70	93	20	450	15	303	101
A0079	44	73	91	18	371	12	784	181
A0080	30	32	35	10	175	5	0.10%	204
A0081	50	79	80	17	301	14	880	191
A0082	50	89	96	21	549	19	0.11%	256
A0083	18	102	107	25	774	24	735	211
A0084	38	102	125	42	0.13%	35	561	202
A0085	32	92	93	24	545	23	235	82
A0086	18	98	101	21	569	22	567	155
A0087	20	133	221	48	968	25	399	136
A0088	26	106	105	23	655	21	588	156
A0089	22	86	114	21	546	17	615	166
A0090	50	101	128	21	508	11	597	158
A0091	40	109	101	20	464	19	485	119
A0092	30	86	88	16	414	17	397	103
A0093	36	80	69	18	436	18	488	122
A0094	24	94	133	24	451	18	245	89
A0095	20	82	103	29	686	23	263	122
A0096	26	102	115	33	846	34	487	165

REALIZADO POR: Determinaciones Analíticas

SUSANA SALVADOR A.
Jefe de Determinaciones Analíticas

INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS

REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICOS

LAB N°: 3551
N° de MUESTRAS: Diecinueve
PROCEDENCIA: Baños-Puyo (001-013)
Licto-Huamboya (014-019)
SOLICITADO POR: Dr. M. Litherland
PROYECTO: Cordillera Real

ENTREGA: Ing. Iván Endara
Jefe de Laboratorios
FECHA: 13-08-86

RECEPCIÓN: Ing. W. Santamaría
Director de investigación geológica
FECHA: 13-08-86

DETERMINACIONES

CÓDIGO MUESTRA	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Co (ppm)	Cu (ppm)	Ni (ppm)
CR-86-B-001	218	160	85	47	106
CR-86-B-002	151	175	62	51	103
CR-86-B-003	134	139	50	44	94
CR-86-B-004	83	147	54	42	93
CR-86-B-005	110	162	48	53	58
CR-86-B-006	69	154	38	52	48
CR-86-B-007	74	148	33	63	32
CR-86-B-008	159	169	65	53	97
CR-86-B-009	77	125	32	52	33
CR-86-B-010	96	148	34	70	35
CR-86-B-011	80	118	23	49	26
CR-86-B-012	105	119	22	47	32
CR-86-B-013	145	144	29	33	31
CR-86-B-014	111	141	41	56	74
CR-86-B-015	112	137	42	72	69
CR-86-B-016	110	142	46	55	58
CR-86-B-017	112	141	49	84	71
CR-86-B-018	90	124	80	76	801
CR-86-B-019	NO HAY MUESTRA				

REALIZADO POR: Determinaciones Analíticas

SUSANA SALVADOR A.
Jefe de Determinaciones Analíticas

INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS

REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICOS

LAB N°: 3577
N° de MUESTRAS: Diecinueve
PROCEDENCIA: Baños – Puyo (001-013)
Licto – Huamboya (014-019)
SOLICITADO POR: Dr. M. Litherland
PROYECTO: Cordillera Real

ENTREGA: Ing. Iván Endara
Jefe de Laboratorios
FECHA: 20-03-87

RECEPCIÓN: Ing. W. Santamaría
Director de investigación geológica
FECHA:

DETERMINACIONES

CÓDIGO MUESTRA	As (ppm)	Cr (ppm)
CR-86-B-001	28	234
CR-86-B-002	24	214
CR-86-B-003	42	202
CR-86-B-004	42	199
CR-86-B-005	34	105
CR-86-B-006	46	95
CR-86-B-007	30	55
CR-86-B-008	54	197
CR-86-B-009	34	79
CR-86-B-010	42	47
CR-86-B-011	26	52
CR-86-B-012	70	58
CR-86-B-013	28	44
CR-86-B-014	38	126
CR-86-B-015	38	120
CR-86-B-016	64	138
CR-86-B-017	34	182
CR-86-B-018	38	651
CR-86-B-019	NO HAY MUESTRA	

REALIZADO POR: Determinaciones Analíticas

SUSANA SALVADOR A.
Jefe de Determinaciones Analíticas

NOTA: Son muestras del LAB 3551

INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS

REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICOS

LAB N°: 3583
N° de MUESTRAS: Diecisiete
PROCEDENCIA: Chimborazo y Morona Santiago
Guamote-Macas
SOLICITADO POR: Dr. M. Litherland
PROYECTO: Cordillera Real

ENTREGA: Ing. Iván Endara
Jefe de Laboratorios
FECHA:

RECEPCIÓN: Ing. W. Santamaría
Director de investigación geológica
FECHA:

DETERMINACIONES

CÓDIGO MUESTRA	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Co (ppm)	Cu (ppm)	Cr (ppm)
CR-RB-86-B-020	92	117	25	58	63
CR-RB-86-B-021	117	115	36	69	103
CR-RB-86-B-022	80	107	29	76	65
CR-RB-86-B-023	94	111	32	65	93
CR-RB-86-B-024	84	107	30	70	71
CR-RB-86-B-025	71	106	28	66	62
CR-RB-86-B-026	120	122	35	85	87
CR-RB-86-B-027	114	139	40	81	121
CR-RB-86-B-028	136	133	38	79	80
CR-RB-86-B-029	139	67	16	30	46
CR-RB-86-B-030	135	144	39	65	50
CR-RB-86-B-031	101	123	32	89	40
CR-RB-86-B-032	85	82	20	53	53
CR-RB-86-B-033	339	114	33	125	45
CR-RB-86-B-034	131	107	24	52	24
CR-RB-86-B-035	114	88	21	48	47
CR-RB-86-B-036	138	90	22	54	45

REALIZADO POR: Determinaciones Analíticas

SUSANA SALVADOR A.
Jefe de Determinaciones Analíticas

NOTA: Los resultados de As, W y Ni serán reportados posteriormente

INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS

REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICOS

LAB N°: 3583
N° de MUESTRAS: Diecisiete
PROCEDENCIA: Chimborazo y Morona Santiago
Guamote-Macas
SOLICITADO POR: Dr. M. Litherland
PROYECTO: Cordillera Real

ENTREGA: Ing. Iván Endara
Jefe de Laboratorios
FECHA: 09-12-86

RECEPCIÓN: Ing. W. Santamaría
Director de investigación geológica
FECHA: 10-12-86

DETERMINACIONES

CÓDIGO MUESTRA	As (ppm)	W (ppm)	Ni (ppm)
CR-RB-86-B-020	29	36	60
CR-RB-86-B-021	17	59	111
CR-RB-86-B-022	25	22	83
CR-RB-86-B-023	15	Nd	104
CR-RB-86-B-024	17	Nd	89
CR-RB-86-B-025	19	12	76
CR-RB-86-B-026	38	Nd	100
CR-RB-86-B-027	29	14	112
CR-RB-86-B-028	23	35	97
CR-RB-86-B-029	23	7	51
CR-RB-86-B-030	96	7	106
CR-RB-86-B-031	48	35	69
CR-RB-86-B-032	29	7	47
CR-RB-86-B-033	126	11	51
CR-RB-86-B-034	48	9	40
CR-RB-86-B-035	27	4	55
CR-RB-86-B-036	33	46	51

Nd = No detectable, menor que 7 ppm de W

REALIZADO POR: Determinaciones Analíticas

SUSANA SALVADOR A.
Jefe de Determinaciones Analíticas

INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS

REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICOS

LAB N°: 3613
N° de MUESTRAS: Doce
PROCEDENCIA: Napo
Salcedo – Tena (Río Mulatos)
SOLICITADO POR: Dr. M. Litherland
PROYECTO: Cordillera Real

ENTREGA: Ing. Iván Endara
Jefe de Laboratorios
FECHA: 13-02-87

RECEPCIÓN: Ing. W. Santamaría
Director de investigación geológica
FECHA: 17-02-87

DETERMINACIONES

CÓDIGO MUESTRA	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Co (ppm)	Cu (ppm)	Cr (ppm)	As (ppm)	Ni (ppm)
CR-RB-86-B-037	46	51	14	37	28	24	29
CR-RB-86-B-038	47	98	22	34	41	46	32
CR-RB-86-B-039	64	52	18	79	21	44	30
CR-RB-86-B-040	72	141	25	63	30	40	36
CR-RB-86-B-041	70	133	23	68	35	22	37
CR-RB-86-B-042	68	74	18	107	16	38	25
CR-RB-86-B-043	86	184	39	159	30	58	40
CR-RB-86-B-044	76	72	20	112	6	22	14
CR-RB-86-B-045	175	154	23	42	59	28	66
CR-RB-86-B-046	130	101	20	83	36	52	52
CR-RB-86-B-047	77	114	29	69	40	30	61
CR-RB-86-B-048	101	133	23	53	39	24	48

REALIZADO POR: Determinaciones Analíticas

SUSANA SALVADOR A.
Jefe de Determinaciones Analíticas

INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS

REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICOS

LAB N°: 3613
N° de MUESTRAS: Doce
PROCEDENCIA: Napo
Salcedo – Tena (Río Mulatos)
SOLICITADO POR: Dr. M. Litherland
PROYECTO: Cordillera Real

ENTREGA: Ing. Iván Endara
Jefe de Laboratorios
FECHA: 86-12-02

RECEPCIÓN: Ing. W. Santamaría
Director de investigación geológica
FECHA: 86-12-

DETERMINACIONES

CÓDIGO MUESTRA	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Co (ppm)	Cu (ppm)	Ni (ppm)	Cr (ppm)
CR-RB-86-B-037	97	97	22	44	62	53
CR-RB-86-B-038	59	78	19	30	46	49
CR-RB-86-B-039	108	100	25	77	56	54
CR-RB-86-B-040	104	114	24	67	38	32
CR-RB-86-B-041	101	135	22	71	46	41
CR-RB-86-B-042	123	135	27	117	42	32
CR-RB-86-B-043	98	144	34	157	58	37
CR-RB-86-B-044	101	112	26	115	39	29
CR-RB-86-B-045	200	135	24	49	70	63
CR-RB-86-B-046	233	144	32	118	62	51
CR-RB-86-B-047	184	132	32	108	59	44
CR-RB-86-B-048	160	129	27	74	44	45

REALIZADO POR: Determinaciones Analíticas

SUSANA SALVADOR A.
Jefe de Determinaciones Analíticas

NOTA: Los resultados de As serán reportados posteriormente.

INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS

REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICOS

LAB N°: 3635
N° de MUESTRAS: Quince
PROCEDENCIA: Imbabura y Napo
Ambuquí – La Bonita
SOLICITADO POR: Dr. M. Litherland
PROYECTO: Cordillera Real

ENTREGA: Ing. Iván Endara
Jefe de Laboratorios
FECHA: 1987

RECEPCIÓN: Ing. W. Santamaría
Director de investigación geológica
FECHA: 1987

DETERMINACIONES

CÓDIGO MUESTRA	**Zn (ppm)**	**Co (ppm)**	**Cu (ppm)**	**Ni (ppm)**	**Cr (ppm)**
CR-RB-86-B-049	104	40	44	59	84
CR-RB-86-B-050	102	37	42	59	102
CR-RB-86-B-051	113	40	42	56	105
CR-RB-86-B-052	80	24	27	46	70
CR-RB-86-B-053	61	18	23	41	56
CR-RB-86-B-054	186	48	18	52	69
CR-RB-86-B-055	88	24	15	25	28
CR-RB-86-B-056	82	24	19	28	33
CR-RB-86-B-057	154	46	32	56	86
CR-RB-86-B-058	96	36	23	45	66
CR-RB-86-B-059	127	34	56	50	71
CR-RB-86-B-060	106	27	40	43	58
CR-RB-86-B-061	107	36	27	60	101
CR-RB-86-B-062	93	35	28	38	52
CR-RB-86-B-063	81	22	21	27	31

REALIZADO POR: Determinaciones Analíticas

SUSANA SALVADOR A.
Jefe de Determinaciones Analíticas

NOTA: Los resultados de As y Mo serán reportados posteriormente

INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS

REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICOS

LAB N°: 3635 N° de MUESTRAS: Quince PROCEDENCIA: Imbabura y Napo Ambuquí – La Bonita	ENTREGA:	Ing. Iván Endara Jefe de Laboratorios	FECHA: 22-05-87
SOLICITADO POR: Dr. M. Litherland PROYECTO: Cordillera Real	RECEPCIÓN:	Ing. W. Santamaría Director de investigación geológica	FECHA: 25-05-87

DETERMINACIONES

CÓDIGO MUESTRA	Mo (ppm)	As (ppm)
CR-RB-86-B-049	Nd	22
CR-RB-86-B-050	Nd	16
CR-RB-86-B-051	Nd	28
CR-RB-86-B-052	31	34
CR-RB-86-B-053	31	28
CR-RB-86-B-054	Nd	18
CR-RB-86-B-055	Nd	25
CR-RB-86-B-056	Nd	36
CR-RB-86-B-057	Nd	34
CR-RB-86-B-058	35	48
CR-RB-86-B-059	36	32
CR-RB-86-B-060	Nd	46
CR-RB-86-B-061	Nd	84
CR-RB-86-B-062	Nd	42
CR-RB-86-B-063	34	40

Nd = No detectable, menor que 30 ppm de Mo

REALIZADO POR: Determinaciones Analíticas

SUSANA SALVADOR A.
Jefe de Determinaciones Analíticas

APÉNDICE 3

Mineralogy & Petrology Research Group
Reporte No. 87/3

Un estudio piloto de oro y platino aluvial e in situ del Ecuador

B. Beddoe – Stephens Febrero 1987

Mineralogy and Petrology Research Group
Geochemistry Directorate
British Geological Survey
Murchison House
West Mains Road
Edinburgh EH9 3LA

Traducción al español por Stalyn Paucar (2021)

Un estudio piloto de oro y platino aluvial e in situ del Ecuador

Mineralogy & Petrology Reporte No. 87/3

B. Beddoe – Stephens. Febrero 1987.

1. Introducción

Este reporte detalla el estudio de un conjunto de muestras de oro del Ecuador. Éstas fueron enviadas por el Dr. J. A. Aspden (Overseas Directorate, BGS) para un estudio piloto previo a un posible estudio más importante y sistemático de oro aluvial e in situ, como parte del Proyecto Cordillera Real del Ecuador. Las muestras y localidades se enlistan en la Tabla 1A. El enfoque ha sido, predominantemente, el análisis químico, todos los granos fueron analizados con la microsonda electrónica para determinar si existe alguna variación sistemática que pueda ser relacionada a diferentes estilos de mineralización en distintas localidades. También se ha intentado la comparación con resultados anteriores de otros lugares en Latinoamérica e Indonesia, donde se realizaron estudios similares.

2. Detalle y preparación de las muestras

En las Tablas 1A y B se presenta la ubicación y una breve descripción de las muestras, respectivamente. JACR1-16 son granos de oro aluvial, JACR-17 contiene granos de platino aluvial y JACR18-19 son muestras de roca con oro nativo visible.

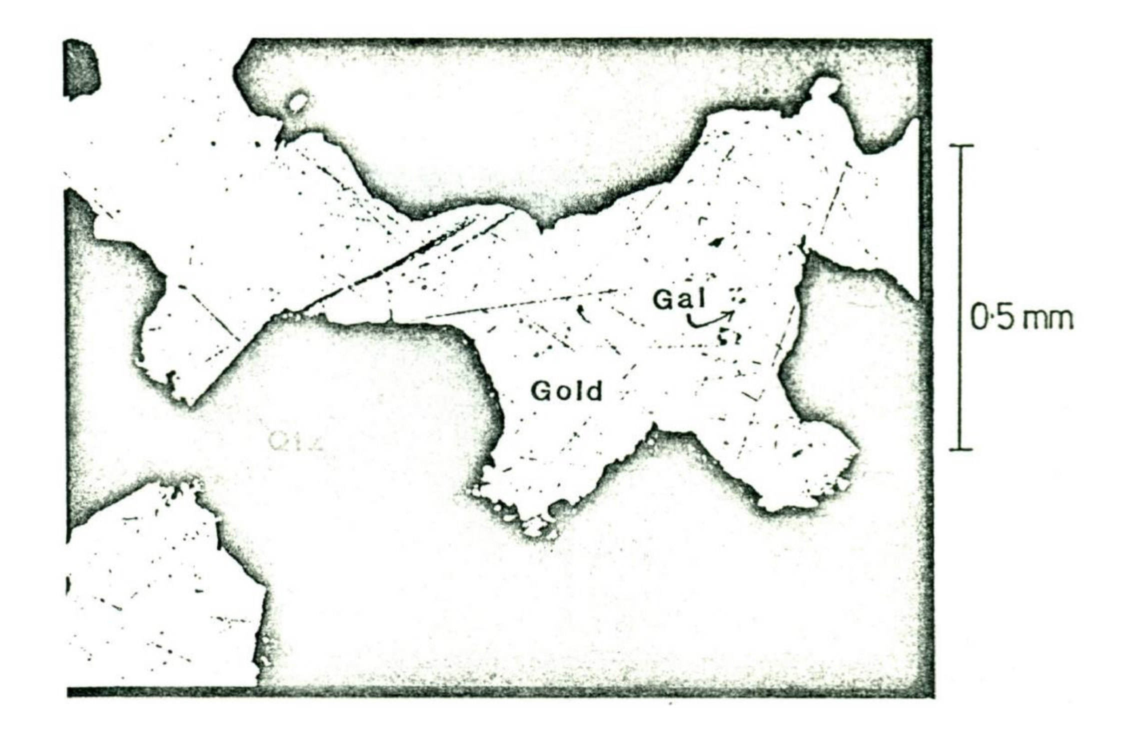
Los granos aluviales fueron montados usando *araldite*, ya sea en bloques o láminas de vidrio, recortados y pulidos para un mejor análisis en la microsonda y estudio óptico en luz reflejada. También se preparó secciones pulidas del skarn JACR-19, y, además del análisis del oro, con la microsonda también se analizó la ganga de minerales silicatos. La muestra JACR-18 no era adecuada para la preparación de una sección pulida debido al tamaño fino del grano y la naturaleza friable de la roca.

3. Resultados

3.1 Oro aluvial. El oro aluvial tiene morfologías características derivadas del transporte mecánico en un régimen fluvial. En particular, la mayoría de granos son plaquetas aplanadas con evidencia de golpeteos, plegamientos y desgarres. Los márgenes del grano tienden a ser redondeados y no hay evidencia de formas cristalinas (Fig. 1). La muestra JACR-3 es una excepción, los 5 granos son más grandes que el promedio, son equidimensionales y contienen una gran cantidad de cuarzo intercrecido con el oro. La Figura 2 muestra que este intercrecimiento es primario con el cuarzo mostrando formas euhedrales adyacente al oro intersticial. Esta muestra en particular estaba probablemente muy cerca de la fuente y representa fragmentos de material de veta. Finalmente, el trabajo mecánico separaría el cuarzo frágil del oro maleable, el último siendo posteriormente golpeado hasta su aspecto platiforme característico.



FIGURA 1. Hojuelas de oro. La cuadrícula es de 2mm



A) JACR-3 Grano 2. Intercrecimiento de oro con cuarzo sub/euhedral. Nótese las inclusiones de galena.



B) JACR-3 Grano 3. Oro intersticial al cuarzo sub/euhedral

FIGURA 2.

La presencia de bordes empobrecidos en Ag es fácil de observar en las muestras pulidas aquí examinadas, esto es característico de los granos de oro aluvial. Esto se observa mejor cuando el interior de un grano de oro es rico en Ag (i.e. una gran diferencia de color) y usualmente no son más grandes que 50 µm de ancho, aunque podrían presentarse si el plano de la sección delgada es cortado oblicuamente y cerca del borde del grano. En tales casos, áreas moteadas de empobrecimiento en Ag son visibles, usualmente rodeando cavidades que en realidad son hendiduras en el grano. Las zonas empobrecidas en Ag también pueden existir dentro del grano donde ha ocurrido plegamiento. En algunos granos de oro, e.g. JACR-9, el borde pobre en Ag tiene una textura porosa, esponjosa. Generalmente se piensa (Desborough, 1970) que el empobrecimiento en Ag se debe a la lixiviación de Ag en el régimen fluvial. Otros (e.g. Guisti, 1986) sugieren que en ciertos casos se debe a la precipitación de Au. Otra posibilidad es que el margen se haya desarrollado durante la residencia del grano de oro en el suelo o en una zona de meteorización antes de ser liberado en el sistema de drenaje. Sin embargo, las observaciones aquí realizadas son consistentes con el primer punto de vista. En particular, la observación de que los márgenes empobrecidos en Ag se desarrollaron en granos con bordes redondeados los mismos que son producto de un régimen fluvial. El límite entre la zona empobrecida en Ag y el interior es algo abrupto, pero a veces irregular sugiriendo un frente químico difuso en lugar de un antiguo límite sobrecrecido del grano.

Los análisis de microsonda electrónica de los granos de oro son tabulados en este Apéndice y se muestran gráficamente en la Figura 5. Con excepción de uno o dos granos (JACR-14, 16) el interior de los granos es notablemente homogéneo respecto a la relación Ag:Au. Se cree que esta composición es del oro depositado de alguna solución en el depósito mineral madre. Adicionalmente al Au y Ag, también se midió Cu y Te. Por lo general Cu es bajo (<0.65 atom % ó 0.22 wt%) y el Te es indetectable en todos los granos: los valores de Te citados en la lista de datos son falsos y se deben a la interferencia de Ag.

Algunos granos de oro contienen lo que parece ser inclusiones primarias, i.e. distintas de cuarzo y circón que fueron atrapados durante el transporte. Aquellos identificados se muestran en la Tabla 2.

3.2 Platino aluvial. Una muestra (JACR-17) contenía tres granos. Estos son menos platiformes que el oro pero tienen formas muy redondeadas y esféricas a irregulares. Los tres tienen una composición similar.

Pt	88.8
Fe	5.7
Rh	1.4
Ir	1.3
Pd	1.2
Total	**98.4**

Adicionalmente fueron observadas inclusiones de laurita-erlichmanita [$(Os, Ru)S_2$] y una inusitada ocurrencia de un raro o nuevo sulfuro de rodio [(Rh, Pt, Ni, Cu)S] posiblemente relacionado a *prassoite* (RhS). Se requiere trabajo más detallado con la microsonda para completar la caracterización de esta fase.

MUESTRAS DE ORO Y PLATINO, ECUADOR

TABLA 1A. Ubicación de las muestras

CÓDIGO	LOCALIDAD	PROVINCIA
JACR-1	Guaysimi (Primario)	Zamora Chinchipe
JACR-2	Río Yusupino	Napo
JACR-3	Portovelo	El Oro
JACR-4	Río Jatunyacu (Sardinas)	Napo
JACR-5	Jatunyacu	Napo
JACR-6	Río Napo (Pusuno)	Napo
JACR-7	Aguarico (Cascales)	Napo
JACR-8	Río Cabeno (Cerro Negro)	Napo
JACR-9	Río Pilares (Collay)	Azuay
JACR-10	Río Malacatus	Loja
JACR-11	Río Puyango	Loja
JACR-12	Río Chico (Machala)	El Oro
JACR-13	Río San Juan	Carchi
JACR-14	Río Camumbí	Carchi
JACR-15	Río Tulumbí	Esmeraldas
JACR-16	Río Santiago	Esmeraldas
JACR-17	Río Camumbí	Carchi
JACR-18	Batolito Zamora, intrusión meteorizada con pequeñas hojuelas de oro en una superficie 'oscura'	
JACR-19	Skarn de Nambija con oro primario	

TABLA 1B. Descripción de las muestras.

Muestras de oro aluvial	
JACR-1	Varias hojuelas de hasta 1mm
JACR-2	1 hojuela 7mm
JACR-3	5 nuggets de oro-cuarzo 3-7mm
JACR-4	3 hojuelas 1-4mm
JACR-5	3 hojuelas 1-2mm
JACR-6	6 hojuelas 0.2-1mm
JACR-7	4 hojuelas 0.8-2mm
JACR-8	2 hojuelas 1.5mm
JACR-9	3 granos redondeados-irregulares 2-3mm
JACR-10	4 hojuelas 0.8-2mm
JACR-11	1 hojuela 5mm
JACR-12	3 hojuelas 1-2mm + 1 grano redondeado 1.2mm
JACR-13	2 hojuelas 3-4mm
JACR-14	2 hojuelas 2-6mm
JACR-15	Numerosas hojuelas finas <1mm
JACR-16	5 hojuelas 0.3-2mm
Muestras de platino aluvial	
JACR-17	3 granos redondeados 0.4-1.5mm
Muestras de roca	
JACR-18	Intrusivo meteorizado con cobertura limonítica/goetítica. Varios granos muy pequeños de oro incorporados en óxidos de Fe.
JACR-19	Skarn de granate con oro irregular

TABLA 2. Inclusiones en los granos de oro

JACR-3	Grano 1	Galena común más esfalerita, magnetita
	Grano 2	Galena
JACR-5	Grano 1	Pirita
JACR-12	Grano 1	Arsenopirita
	Grano 4	Arsenopirita
JACR-13	Grano 1	Grandita (granate)
JACR-15	Grano 3	Galena
	Grano 5	Calcopirita
JACR-16	Grano 4	Bornita común más pirita, calcopirita

3.3 Skarn JACR-19. Ésta es una distintiva roca aurífera que se ilustra en las Figuras 3 y 4. Predominantemente, está compuesta por granate grosularia-andradita (grandita). La roca tiene una textura moteada y se observa que consiste en un conjunto de dominios con núcleo de grandita granular fina sobrecrecida por grandita más gruesa que a veces tiene formas euhedrales adyacentes a las fases intersticiales tardías, que a su vez forman una red de vetillas irregulares que separan los dominios de granate. Donde colindan dos 'dominios' de grandita, sin el desarrollo de alguna fase intersticial, es aparente una irregular línea de sutura. Los cristales de grandita más grandes exhiben una zonación de crecimiento episódico y complejos patrones de birrefringencia de bajo orden. La composición de los granates fue medida con la microsonda y los resultados tabulados en este Apéndice. Varían de $Ad_{70}Gr_{29}$ a $Ad_{45}Gr_{52}$, con zonación de crecimiento hacia las zonas de mayor contenido en Ad.

Las fases que forman la red intersticial a los dominios del granate son cuarzo, feldespato-K, calcita y oro. También se desarrolló algo de clorita. El feldespato tiene un aspecto moteado debido a la alteración a un material fino, turbio, criptocristalino; pero el análisis de microsonda de los feldespatos menos alterados indica que casi es puro $KAlSi_3O_8$. La calcita tiene un poco de % Mn. Evidentemente, el oro es posterior al granate, pero parece ser contemporáneo al relleno de Qz-Cc-Kfs. Las figuras 4A y B indican esto, nótese los límites irregulares entre oro-calcita (4A) y oro-feldespato (4B), estos sugieren coprecipitación.

El oro en esta muestra no parece estar asociado con algún sulfuro y es notablemente homogéneo con bajo Ag e indetectable Cu (ver resultados JACR-19 y Figura 5).

3.4 Intrusivo meteorizado JACR-18. Esta muestra sólo fue examinada ópticamente, aunque algún trabajo futuro debería incluir un análisis SEM debido a la naturaleza de grano fino. El estudio óptico indica que el oro en esta muestra está incorporado en el revestimiento de hidróxido de hierro de esta roca, también muestra un tosco desarrollo de cristales octaédricos. Está muy asociado con perfectos, pequeños prismas de cuarzo que, evidentemente, crecieron en los espacios libres. Por tanto, este oro debió haberse formado a baja temperatura, origen supergénico, y se supondría que tiene una alta pureza (i.e. bajo en Ag). El trabajo con SEM confirmará o negará esto.

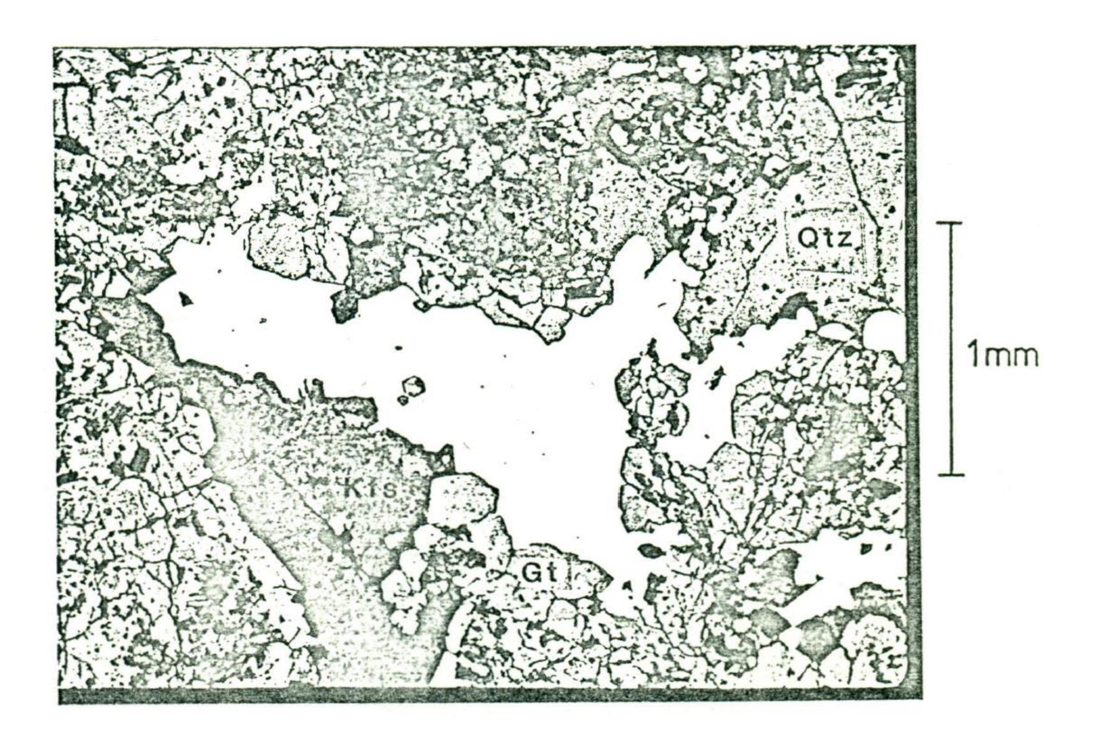
4. Discusión

El autor de este apéndice no dispone de información detallada acerca de la geología del Ecuador y de las localidades de donde se obtuvo las muestras de oro, de modo que esta discusión acerca de la relación entre la composición del oro y el depósito hospedante se la realizará en términos generales.

La composición del oro del Ecuador varía ampliamente, desde 1-2 % Ag hasta 60 atom % (Fig. 5). Muestras individuales también pueden indicar un amplio rango de composición, sin embargo, usualmente son muy homogéneas. Otras muestras, e.g. JACR-1, exhiben un fuerte agrupamiento. Por tanto, parecería que se muestreó varios tipos de depósitos de oro.

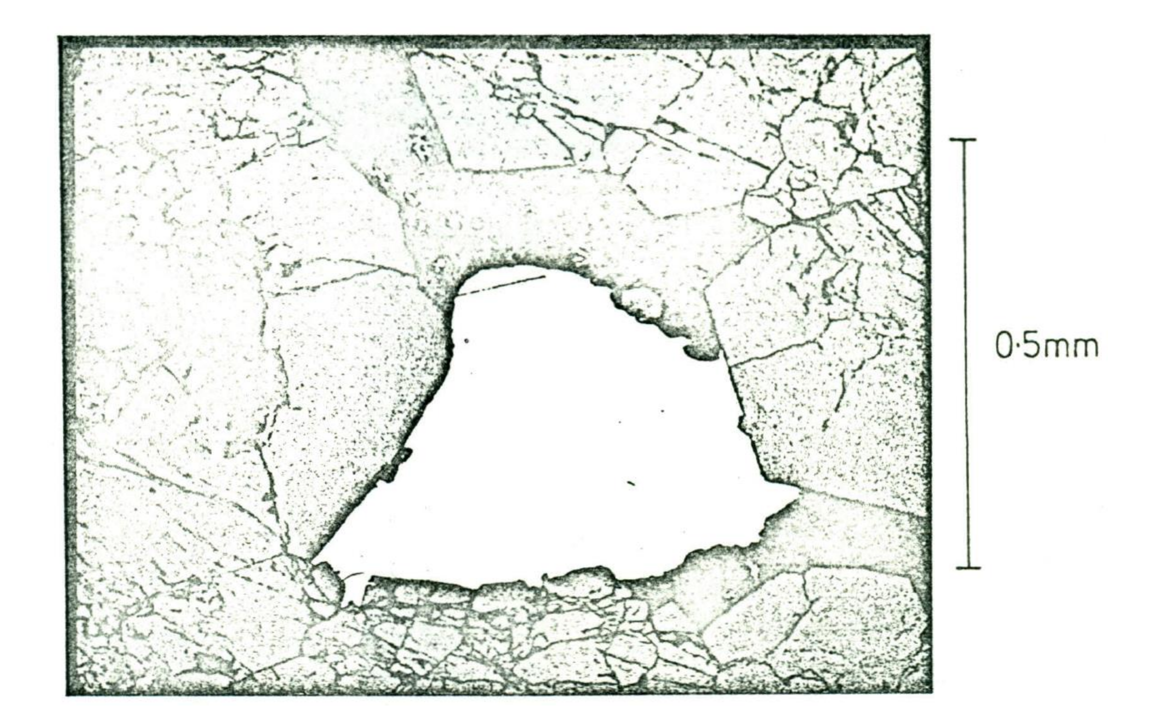


A) Luz transmitida

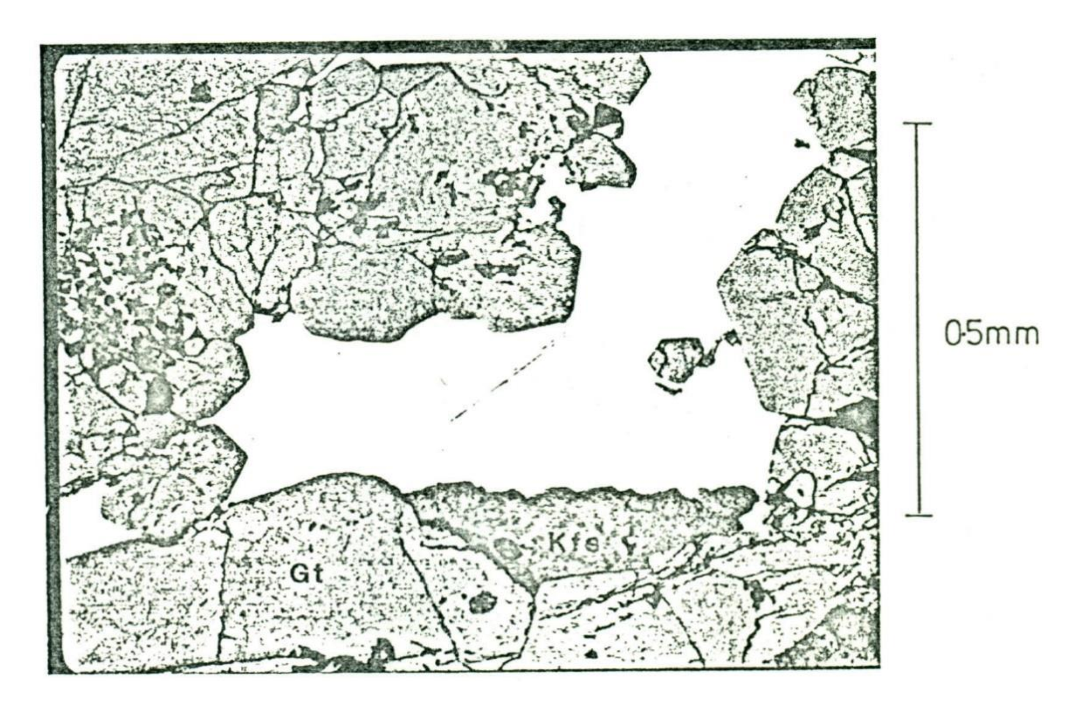


B) Luz reflejada

FIGURA 3. Oro en el skarn JACR-19. Oro, cuarzo y feldespato intersticial al granate



A) Oro + calcita intersticial al granate



B) Oro + feldespato potásico intersticial al granate

FIGURA 4. Oro en el skarn JACR-19

No son bien conocidos los factores que controlan la relación Au/Ag del oro nativo. Sin embargo, el principal control debe ser la disponibilidad de ambos metales. Por tanto, el oro nativo tenderá a reflejar el total de Au/Ag del depósito. Un control mineralógico más detallado se obtendría con la paragénesis. Por ejemplo, en varios skarns y depósitos de pórfido cuprífero el oro nativo es la única fase de mayor Au o Ag, sin embargo, Au/Ag en este oro es invariablemente mayor al total de Au/Ag del depósito. Esto puede ser relacionado a una partición preferencial de Ag en fases como bornita y calcopirita. En los sistemas de telururos donde existen otras fases Au-Ag, como hessita, petzita o calaverita, la composición del oro nativo puede ser fuertemente atenuada. De forma similar, el contenido de Cu refleja la disponibilidad de Cu en soluciones mineralizantes y su partición entre varias fases. Por tanto, el oro asociado con sulfuros-Cu usualmente tiene un contenido importante de Cu. La tendencia de Cu a variar antipatéticamente con Ag en el oro, se correlaciona con el hecho de que los depósitos ricos en Ag tienden a ser pobres en Cu, y viceversa.

La Figura 6 muestra la comparación de datos de trabajos anteriores del autor, estos pueden ser comparados con los resultados de Ecuador. Los estilos de mineralización que suministran algo del oro de Sumatra (Figuras 6c-g) están bien definidos. El oro de la Fig. 6c se derivó de un skarn-Cu y tiene el mayor contenido de Cu, donde la bornita y calcopirita son las fases prominentes. Este depósito tiene un total de Au:Ag cercano a 1:1. El oro en la Fig. 6d se formó por removilización de alto-nivel u origen supergénico y se derivó de la cobertura limonítica en rocas volcánicas, además exhibe un buen desarrollo de cristales octaédricos. Esto es muy cercano al oro en la muestra JACR-18. El oro de la Fig. 6e se derivó de dos áreas en Sumatra caracterizadas por un extenso desarrollo de vetas de cuarzo en rocas verdes/esquistos verdes cerca de fallas mayores con escamas de serpentinita transductadas. Estas áreas también contienen algo de actividad plutónica calco-alcalina. Las Figs. 6f y g son ejemplos de depósitos de veta epitermales del Terciario. En particular, el depósito Mangani tiene un total de Au/Ag de 1/20 o menor y el oro-plata nativo está asociado con un conjunto de sulfuros y sulfosales de Ag.

Berrange (1984) ha demostrado que el oro de Costa Rica de la península Osa se derivó de un desarrollo de vetas dentro de rocas de afinidad oceánica sin la sobreimposición de actividad calco-alcalina, y se piensa que esto se ve reflejado en el bajo contenido de Ag de todas las muestras analizadas. Esta correlación del contenido de Ag con la madurez cortical en una zona orogénica se manifiesta en el generalmente conocido hecho de que Ag se concentra sobre Au en depósitos metálicos más jóvenes y someros (Boyle, 1977).

Los datos de la literatura están dispersos, aunque Antweiler y Campbell (1977) hicieron un estudio que relaciona el total de oro de los análisis con el ambiente de mineralización. Generalmente, ellos confirman lo que se indicó arriba, indicando que el oro epitermal tiene 35-50 % Ag, mientras que el oro pirometasomático (skarn) y mesotermal tiene menor Ag. Ellos indicaron que el oro de pórfidos cupríferos tiene 35-40% Ag, pero un importante contenido de Cu comparado con el oro epitermal. De acuerdo con Cuddy y Kesler (1982) el oro de dos pórfidos de Canadá tiene 20-30% Ag.

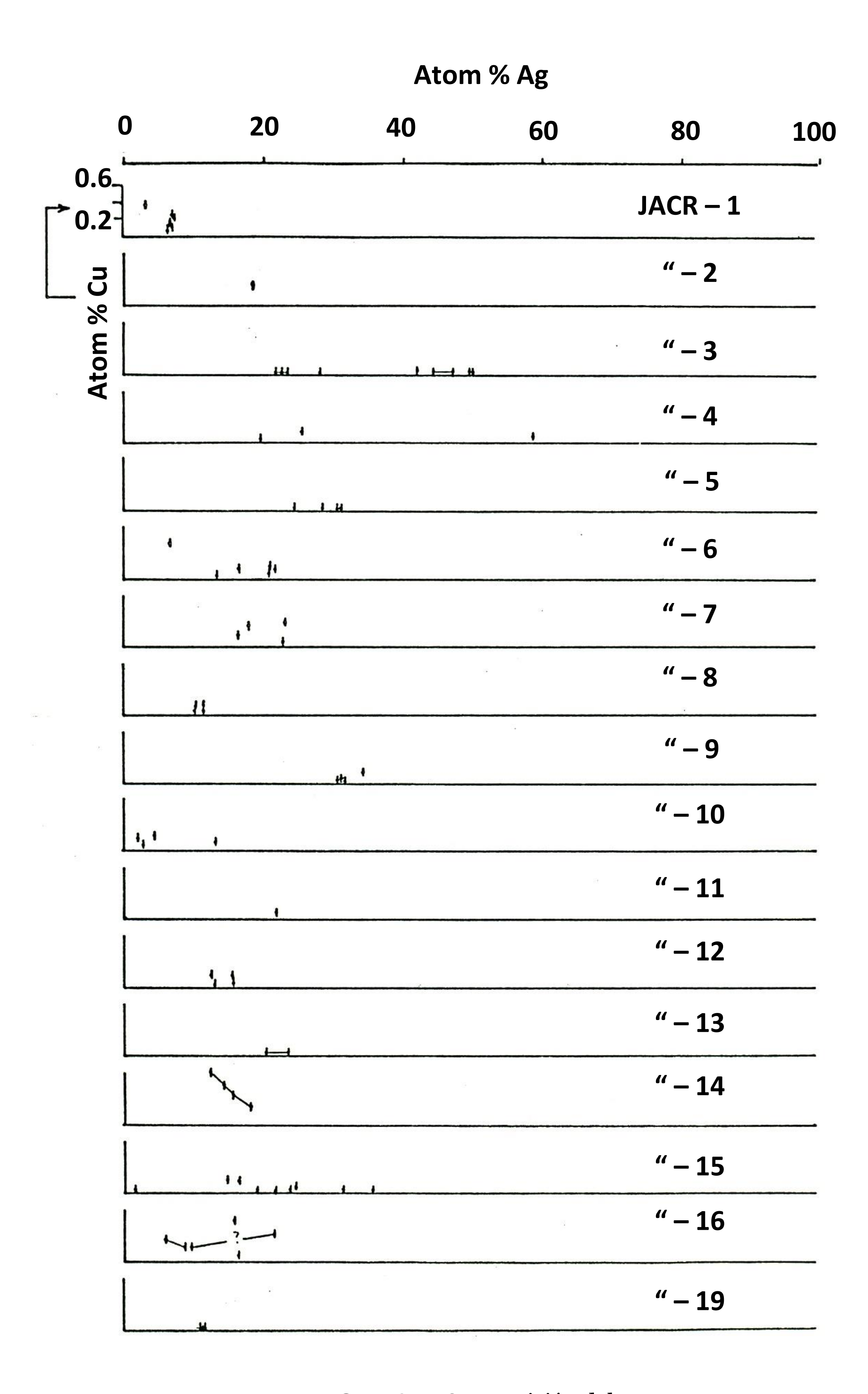


FIGURA 5. Composición del oro

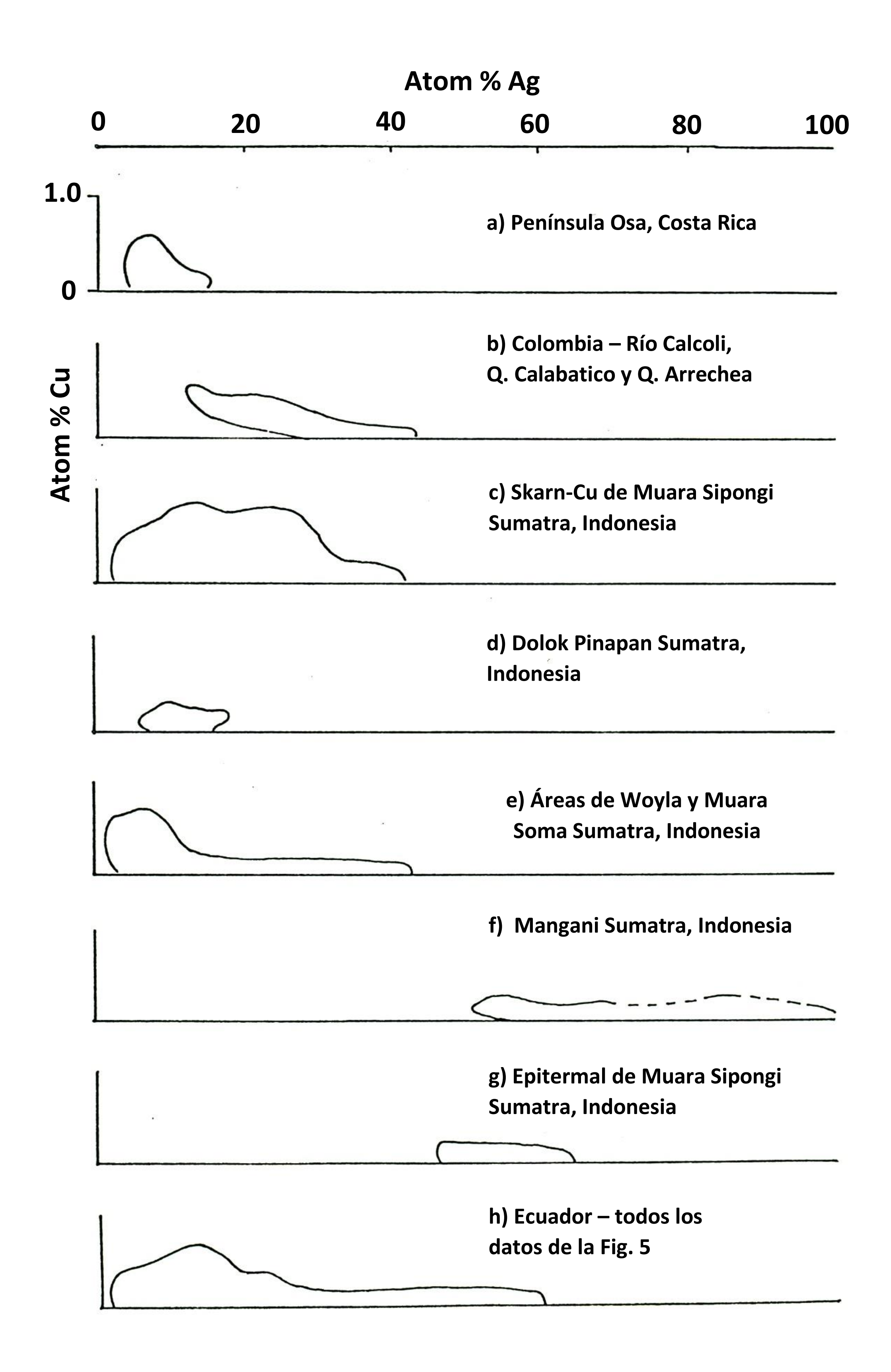


FIGURA 6. Campos composicionales del oro para la comparación con datos del Ecuador

Volviendo a Ecuador, debe considerarse que no es posible caracterizar cada muestra según su depósito hospedante. Sin embargo, se puede realizar algunas observaciones. JACR-19 indica que el oro se derivó de un skarn granatífero en específico con un contenido bajo en Ag y bajo o nulo en Cu. La composición del granate en este skarn es típica de un skarn-Cu y skarn-Fe, como lo definieron Einaudi et al. (1981), y es similar al skarn-Cu de Muara Sipongi. Aunque el oro de esta muestra no está relacionado a la deposición de sulfuros y tampoco exhibe el alto contenido de Cu de algunos skarns auríferos. Las muestras 14 y 16 son distintas debido a que tienen un importante contenido de Cu, alguna variabilidad intragranular y en el caso de 16 las inclusiones de sulfuros-Cu son comunes. Un origen de skarn-Cu o pórfido cuprífero para este oro sería apropiado. JACR-3 es una muestra interesante por el hecho de que los granos representan fragmentos de una veta de oro-cuarzo (ver descripción arriba y también Figura 2). Existen inclusiones de galena y esfalerita y tres de los granos tienen un alto contenido de Ag, bajo Cu, característico de depósitos epitermales de metales base/Ag-Au como el de Mangani en Sumatra. La muestra 4 también contiene un grano con afinidad epitermal/subvolcánica. Las demás muestras tienden a ser indistinguibles, aunque JACR-12 tiene rasgos de un depósito vetiforme con arsenopirita, aurífero (cf. Tabla 2). El por lo general bajo contenido de Ag de este grupo de muestras probablemente descarta a jóvenes (¿Terciario?) depósitos epitermales/subvolcánicos, aunque es consistente con depósitos de pórfido o vetas mesotermales de cuarzo-oro desarrollados en un basamento metavolcano-sedimentario algo antiguo.

Claramente, el conocimiento detallado del origen geológico de las muestras ayudaría a la interpretación, junto con la geoquímica de sedimentos fluviales y el análisis de minerales pesados (etc.); a largo plazo un estudio más importante requerirá esto. Sin embargo, se espera que este estudio piloto haya mostrado que una inspección detallada del oro aluvial/in situ puede indicar importantes límites en la interpretación relacionada a la búsqueda de oro y otros depósitos metálicos.

Finalmente, la muestra de platino JACR-17 indica un depósito asociado a rocas ígneas básicas/ultrabásicas, como ofiolitas en un ambiente orogénico. La fase de aleación Pt-Fe es un constituyente común de los depósitos de metales del grupo del platino (PGM). Es de interés, como se indicó arriba, el sulfuro de Rh y también el importante contenido de Rh en el Pt. A menudo el Rh es el menos abundante del PGM (Cabri, 1981) y es posible que JACR-17 indique una fuente rica en Rh. Este aspecto es valioso para el trabajo de seguimiento.

Agradecimientos.

R. D. Fakes preparó las secciones pulidas y láminas delgadas.

5. Análisis de microsonda electrónica

Los siguientes análisis fueron realizados con Microscan 5 - microsonda electrónica del Departamento de Geología, Universidad de Edinburgh. El oro fue analizado para Au, Ag, Cu y Te. El límite de detección para el Cu es de alrededor de 0.04%. El Te es afectado por la interferencia de Ag, pero se encontró que el contenido de Te de todos los granos está bajo el límite de detección; por tanto, los valores de Te en estas tablas deben ser ignorados.

El granate grandita y el feldespato-K de JACR-19 también fueron analizados y los resultados se presentan tabulados. El análisis del granate fue recalculado asumiendo exactamente 8.0 cationes y 12.0 oxígenos. Esto permite que Fe^{3+} y Fe^{2+} sean calculados y que los miembros-finales del granate sean asignados.

JACR-1

GRANO 1(A)		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.07	0.207
Ag	4.30	7.507
Au	96.49	92.256
Te	0.02	0.030
TOTAL	**100.88**	**100.000**

GRANO 1(B)		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.03	0.089
Ag	4.21	7.343
Au	96.90	92.554
Te	0.01	0.015
TOTAL	**101.15**	**100.001**

GRANO 2(A)		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.09	0.269
Ag	4.12	7.254
Au	96.86	92.432
Te	0.03	0.045
TOTAL	**100.10**	**100.000**

GRANO 2(B)		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.04	0.119
Ag	4.18	7.305
Au	96.65	92.502
Te	0.05	0.074
TOTAL	**100.92**	**100.000**

GRANO 3(A)		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.05	0.148
Ag	4.37	7.613
Au	96.68	92.239
Te	0.00	0.000
TOTAL	**100.10**	**100.000**

GRANO 3(B)		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.05	0.149
Ag	4.33	7.592
Au	96.00	92.185
Te	0.05	0.074
TOTAL	**100.43**	**100.000**

GRANO 4(A)		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.13	0.390
Ag	1.90	3.360
Au	99.30	96.175
Te	0.05	0.075
TOTAL	**101.38**	**100.000**

GRANO 4(B)		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.13	0.393
Ag	2.05	3.647
Au	98.46	95.916
Te	0.03	0.045
TOTAL	**100.67**	**100.001**

GRANO 5(A)		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.01	0.030
Ag	3.88	6.863
Au	96.11	93.107
Te	0.00	0.000
TOTAL	**100.00**	**100.000**

GRANO 5(B)		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.04	0.119
Ag	3.87	6.789
Au	96.83	93.032
Te	0.04	0.059
TOTAL	**100.78**	**99.999**

JACR-2

GRANO 1(A)		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.09	0.257
Ag	10.82	18.216
Au	88.30	81.413
Te	0.08	0.114
TOTAL	**99.29**	**100.000**

GRANO 1(B)		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.07	0.200
Ag	10.90	18.334
Au	88.44	81.466
Te	0.00	0.000
TOTAL	**99.41**	**100.000**

GRANO 1(C)		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.07	0.200
Ag	10.85	18.287
Au	88.17	81.384
Te	0.09	0.128
TOTAL	**99.18**	**99.999**

JACR-3

GRANO 1(A)		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.02	0.049
Ag	34.91	50.051
Au	63.26	49.670
Te	0.19	0.230
TOTAL	**99.38**	**100.000**

GRANO 1(B)		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.00	0.000
Ag	34.61	49.843
Au	63.27	49.901
Te	0.21	0.256
TOTAL	**98.09**	**100.000**

GRANO 1(C)		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.03	0.073
Ag	34.47	49.557
Au	63.71	50.163
Te	0.17	0.207
TOTAL	**99.38**	**100.000**

GRANO 2(A)		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.00	0.000
Ag	13.21	21.877
Au	85.92	77.927
Te	0.14	0.196
TOTAL	**99.27**	**100.000**

GRANO 2(B)		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.00	0.000
Ag	14.34	23.547
Au	84.83	76.286
Te	0.12	0.167
TOTAL	**99.29**	**100.000**

GRANO 2(C)		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.00	0.000
Ag	13.71	22.624
Au	85.42	77.195
Te	0.13	0.181
TOTAL	**99.26**	**100.000**

GRANO 3(A)		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.00	0.000
Ag	17.50	28.040
Au	81.82	71.797
Te	0.12	0.163
TOTAL	**99.44**	**100.000**

GRANO 3(B)		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.00	0.000
Ag	17.27	27.768
Au	81.89	72.110
Te	0.09	0.122
TOTAL	**99.25**	**100.000**

GRANO 4		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.03	0.076
Ag	28.32	42.146
Au	70.66	57.590
Te	0.15	0.189
TOTAL	**99.16**	**100.001**

GRANO 5(A)		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.00	0.000
Ag	29.90	44.330
Au	68.27	55.432
Te	0.19	0.238
TOTAL	**99.36**	**100.000**

GRANO 5(B)		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.00	0.000
Ag	32.16	47.239
Au	65.31	52.538
Te	0.18	0.224
TOTAL	**97.65**	**100.001**

JACR-4

GRANO 1(A)		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.04	0.111
Ag	15.58	25.400
Au	83.32	74.392
Te	0.07	0.096
TOTAL	**99.01**	**99.999**

GRANO 1(B)		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.04	0.111
Ag	15.71	25.620
Au	83.02	74.146
Te	0.09	0.124
TOTAL	**98.86**	**100.001**

GRANO 2		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.00	0.000
Ag	11.82	19.758
Au	87.53	80.129
Te	0.08	0.113
TOTAL	**99.43**	**100.000**

GRANO 3(A)		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.02	0.046
Ag	43.32	58.576
Au	55.43	41.047
Te	0.29	0.331
TOTAL	**99.06**	**100.000**

GRANO 3(B)		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.03	0.069
Ag	43.76	58.927
Au	55.20	40.708
Te	0.26	0.296
TOTAL	**99.25**	**100.000**

JACR-5

GRANO 1(A)		
	WT % EL	ATOM
Cu	0.00	0.000
Ag	17.68	28.485
Au	80.82	71.311
Te	0.15	0.204
TOTAL	**98.65**	**100.000**

GRANO 1(B)		
	WT % EL	ATOM
Cu	0.01	0.027
Ag	17.66	28.314
Au	81.38	71.455
Te	0.15	0.203
TOTAL	**99.20**	**99.999**

GRANO 2(A)		
	WT % EL	ATOM
Cu	0.00	0.000
Ag	14.94	24.451
Au	84.15	75.424
Te	0.09	0.125
TOTAL	**99.18**	**100.000**

GRANO 2(B)		
	WT % EL	ATOM
Cu	0.00	0.000
Ag	15.01	24.711
Au	83.38	75.177
Te	0.08	0.111
TOTAL	**98.47**	**99.999**

GRANO 3(A)		
	WT % EL	ATOM
Cu	0.00	0.000
Ag	19.58	31.321
Au	78.15	68.463
Te	0.16	0.216
TOTAL	**97.89**	**100.000**

GRANO 3(B)		
	WT % EL	ATOM
Cu	0.00	0.000
Ag	19.01	30.588
Au	78.57	69.235
Te	0.13	0.177
TOTAL	**97.71**	**100.000**

JACR-6

GRANO 1(A)		
	WT % EL	ATOM
Cu	0.05	0.143
Ag	11.94	20.093
Au	86.47	79.693
Te	0.05	0.071
TOTAL	**98.51**	**100.000**

GRANO 1(B)		
	WT % EL	ATOM
Cu	0.03	0.085
Ag	12.07	20.219
Au	86.78	79.611
Te	0.06	0.085
TOTAL	**98.94**	**100.000**

GRANO 2		
	WT % EL	ATOM
Cu	0.02	0.059
Ag	7.62	13.254
Au	90.99	86.673
Te	0.01	0.015
TOTAL	**98.64**	**100.001**

GRANO 4		
	WT % EL	ATOM
Cu	0.05	0.140
Ag	13.04	21.557
Au	86.38	78.205
Te	0.07	0.098
TOTAL	**99.54**	**100.000**

GRANO 5		
	WT % EL	ATOM
Cu	0.14	0.418
Ag	3.66	6.437
Au	96.65	93.086
Te	0.04	0.059
TOTAL	**100.49**	**100.000**

GRANO 6		
	WT % EL	ATOM
Cu	0.05	0.143
Ag	10.02	16.918
Au	89.62	82.868
Te	0.05	0.071
TOTAL	**99.74**	**100.000**

JACR-7

GRANO 1(A)		
	WT % EL	ATOM
Cu	0.05	0.144
Ag	9.56	16.232
Au	89.81	83.509
Te	0.08	0.115
TOTAL	**99.50**	**100.000**

GRANO 1(B)		
	WT % EL	ATOM
Cu	0.04	0.116
Ag	9.41	16.053
Au	89.62	83.730
Te	0.07	0.101
TOTAL	**99.14**	**100.000**

GRANO 2		
	WT % EL	ATOM
Cu	0.09	0.256
Ag	10.60	17.766
Au	89.19	81.865
Te	0.08	0.113
TOTAL	**99.96**	**100.000**

GRANO 3		
	WT % EL	ATOM
Cu	0.11	0.307
Ag	13.99	23.007
Au	84.99	76.546
Te	0.10	0.139
TOTAL	**99.19**	**99.999**

GRANO 4		
	WT % EL	ATOM
Cu	0.01	0.028
Ag	13.45	22.292
Au	85.41	77.526
Te	0.11	0.154
TOTAL	**98.98**	**100.000**

JACR-8

GRANO 1(A)		
	WT % EL	ATOM
Cu	0.02	0.059
Ag	6.71	11.674
Au	92.56	88.193
Te	0.05	0.074
TOTAL	**99.34**	**100.000**

GRANO 1(B)		
	WT % EL	ATOM
Cu	0.04	0.118
Ag	6.58	11.398
Au	93.20	88.412
Te	0.05	0.073
TOTAL	**99.87**	**100.001**

GRANO 2(A)		
	WT % EL	ATOM
Cu	0.04	0.119
Ag	5.72	10.023
Au	93.61	89.829
Te	0.02	0.030
TOTAL	**99.39**	**100.001**

GRANO 2(B)		
	WT % EL	ATOM
Cu	0.01	0.030
Ag	5.77	10.058
Au	94.14	89.868
Te	0.03	0.044
TOTAL	**99.95**	**100.000**

JACR-9

GRANO 1(A)		
	WT % EL	ATOM
Cu	0.06	0.159
Ag	21.87	34.140
Au	76.65	65.529
Te	0.13	0.172
TOTAL	**98.71**	**100.000**

GRANO 1(B)		
	WT % EL	ATOM
Cu	0.05	0.132
Ag	21.98	34.241
Au	76.80	65.522
Te	0.08	0.105
TOTAL	**98.91**	**100.000**

GRANO 2(A)		
	WT % EL	ATOM
Cu	0.01	0.027
Ag	19.82	31.421
Au	78.82	68.432
Te	0.09	0.121
TOTAL	**98.74**	**100.001**

GRANO 2(B)		
	WT % EL	ATOM
Cu	0.00	0.000
Ag	19.37	30.797
Au	79.29	69.041
Te	0.12	0.161
TOTAL	**98.78**	**99.999**

GRANO 3(A)		
	WT % EL	ATOM
Cu	0.00	0.00
Ag	20.27	31.947
Au	78.55	67.800
Te	0.19	0.253
TOTAL	**99.01**	**100.000**

GRANO 3(B)		
	WT % EL	ATOM
Cu	0.00	0.000
Ag	20.03	31.635
Au	78.79	68.151
Te	0.16	0.214
TOTAL	**98.98**	**100.000**

JACR-10

GRANO 1		
	WT % EL	ATOM
Cu	0.03	0.087
Ag	7.51	12.820
Au	93.16	87.093
Te	0.00	0.000
TOTAL	**100.70**	**100.000**

GRANO 2		
	WT % EL	ATOM
Cu	0.04	0.122
Ag	1.13	2.026
Au	99.67	97.853
Te	0.00	0.000
TOTAL	**100.84**	**100.001**

GRANO 3		
	WT % EL	ATOM
Cu	0.06	0.181
Ag	2.27	4.042
Au	98.20	95.762
Te	0.01	0.015
TOTAL	**100.54**	**100.000**

GRANO 4		
	WT % EL	ATOM
Cu	0.00	0.000
Ag	1.41	2.523
Au	99.49	97.477
Te	0.00	0.000
TOTAL	**100.90**	**100.000**

JACR-11

GRANO 1(A)		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.01	0.028
Ag	13.02	21.389
Au	87.22	78.472
Te	0.08	0.111
TOTAL	**100.33**	**100.000**

GRANO 1(B)		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.03	0.084
Ag	12.92	21.366
Au	86.61	78.438
Te	0.08	0.112
TOTAL	**99.64**	**100.000**

GRANO 1(C)		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.00	0.000
Ag	13.00	21.520
Au	86.49	78.410
Te	0.05	0.070
TOTAL	**99.54**	**100.000**

JACR-12

GRANO 1(A)		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.04	0.115
Ag	9.34	15.838
Au	90.35	83.904
Te	0.10	0.143
TOTAL	**99.83**	**100.000**

GRANO 1(B)		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.04	0.115
Ag	9.30	15.738
Au	90.72	84.076
Te	0.05	0.072
TOTAL	**100.11**	**100.001**

GRANO 2(A)		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.05	0.147
Ag	7.18	12.408
Au	92.32	87.372
Te	0.05	0.073
TOTAL	**99.60**	**100.000**

GRANO 2(B)		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.05	0.146
Ag	7.32	12.597
Au	92.48	87.156
Te	0.07	0.102
TOTAL	**99.92**	**100.001**

GRANO 3		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.00	0.000
Ag	7.43	12.974
Au	90.97	86.996
Te	0.02	0.030
TOTAL	**98.42**	**100.000**

GRANO 4(A)		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.02	0.058
Ag	9.16	15.631
Au	90.17	84.268
Te	0.03	0.043
TOTAL	**99.38**	**100.000**

GRANO 4(B)		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.02	0.058
Ag	9.21	15.605
Au	90.83	84.281
Te	0.04	0.057
TOTAL	**100.10**	**100.001**

JACR-13

GRANO 1(A)		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.03	0.085
Ag	12.19	20.295
Au	87.20	79.508
Te	0.08	0.113
TOTAL	**99.50**	**100.001**

GRANO 1(B)		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.00	0.000
Ag	13.90	23.039
Au	84.69	76.877
Te	0.06	0.084
TOTAL	**98.65**	**100.000**

JACR-14

GRANO 1(A)		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.22	0.657
Ag	7.01	12.323
Au	90.33	86.961
Te	0.04	0.059
TOTAL	**97.60**	**100.000**

GRANO 1(B)		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.08	0.231
Ag	10.55	17.927
Au	87.82	81.727
Te	0.08	0.115
TOTAL	**98.53**	**100.000**

GRANO 1(C)		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.17	0.502
Ag	8.06	14.027
Au	89.60	85.397
Te	0.05	0.074
TOTAL	**97.88**	**100.000**

GRANO 1(D)		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.13	0.378
Ag	9.01	15.424
Au	89.76	84.154
Te	0.03	0.043
TOTAL	**98.93**	**99.999**

JACR-15

GRANO 1		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.05	0.144
Ag	9.66	16.378
Au	89.81	83.392
Te	0.06	0.086
TOTAL	**99.58**	**100.000**

GRANO 2		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.00	0.000
Ag	23.14	35.563
Au	76.39	64.294
Te	0.11	0.143
TOTAL	**99.64**	**100.000**

GRANO 3		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.05	0.145
Ag	8.71	14.844
Au	90.99	84.925
Te	0.06	0.086
TOTAL	**99.81**	**100.000**

GRANO 4		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.00	0.000
Ag	13.06	21.695
Au	85.95	78.193
Te	0.08	0.112
TOTAL	**99.09**	**100.000**

GRANO 5		
	WT % EL	ATOM
Cu	0.02	0.055
Ag	15.14	24.629
Au	84.26	75.068
Te	0.18	0.248
TOTAL	**99.60**	**100.000**

GRANO 6		
	WT % EL	ATOM
Cu	0.00	0.000
Ag	14.57	23.789
Au	85.00	76.004
Te	0.15	0.207
TOTAL	**99.72**	**100.000**

GRANO 7		
	WT % EL	ATOM
Cu	0.00	0.000
Ag	11.30	18.893
Au	88.36	80.909
Te	0.14	0.198
TOTAL	**99.80**	**100.000**

GRANO 8		
	WT % EL	ATOM
Cu	0.00	0.000
Ag	20.00	31.621
Au	78.74	68.179
Te	0.15	0.200
TOTAL	**98.89**	**100.000**

GRANO 9		
	WT % EL	ATOM
Cu	0.00	0.000
Ag	0.84	1.520
Au	99.31	98.419
Te	0.04	0.061
TOTAL	**100.19**	**100.000**

JACR-16

GRANO 1(A)		
	WT % EL	ATOM
Cu	0.00	0.000
Ag	9.52	16.248
Au	89.56	83.709
Te	0.03	0.043
TOTAL	**99.11**	**100.000**

GRANO 1(B)		
	WT % EL	ATOM
Cu	0.01	0.029
Ag	9.50	16.150
Au	89.94	83.735
Te	0.06	0.086
TOTAL	**99.51**	**100.000**

GRANO 2(A)		
	WT % EL	ATOM
Cu	0.06	0.178
Ag	5.37	9.403
Au	94.16	90.300
Te	0.08	0.118
TOTAL	**99.67**	**99.999**

GRANO 2(B)		
	WT % EL	ATOM
Cu	0.12	0.339
Ag	12.93	21.498
Au	85.64	77.980
Te	0.13	0.183
TOTAL	**98.82**	**100.000**

GRANO 3		
	WT % EL	ATOM
Cu	0.18	0.519
Ag	9.37	15.902
Au	89.85	83.508
Te	0.05	0.072
TOTAL	**99.45**	**100.001**

GRANO 4(A)		
	WT % EL	ATOM
Cu	0.06	0.179
Ag	5.04	8.837
Au	94.69	90.925
Te	0.04	0.059
TOTAL	**99.83**	**100.000**

GRANO 4(B)		
	WT % EL	**ATOM**
Cu	0.09	0.271
Ag	3.22	5.703
Au	96.89	93.981
Te	0.03	0.045
TOTAL	**100.23**	**100.000**

COMPOSICIÓN DEL ORO DEL SKARN JACR-19

	WT % EL	ATOM
Cu	0.00	0.000
Ag	6.53	11.314
Au	93.46	88.686
Te	0.00	0.000
TOTAL	**99.99**	**100.000**

	WT % EL	ATOM
Cu	0.00	0.000
Ag	6.38	11.061
Au	93.67	88.939
Te	0.00	0.000
TOTAL	**100.05**	**100.000**

	WT % EL	ATOM
Cu	0.01	0.029
Ag	6.35	11.014
Au	93.63	88.942
Te	0.01	0.015
TOTAL	**100.00**	**100.000**

	WT % EL	ATOM
Cu	0.00	0.000
Ag	6.42	11.197
Au	92.97	88.803
Te	0.00	0.000
TOTAL	**99.39**	**100.000**

	WT % EL	ATOM
Cu	0.00	0.000
Ag	6.25	10.901
Au	93.28	89.099
Te	0.00	0.000
TOTAL	**99.53**	**100.000**

	WT % EL	ATOM
Cu	0.00	0.000
Ag	6.38	11.112
Au	93.11	88.814
Te	0.05	0.074
TOTAL	**99.54**	**100.000**

	WT % EL	ATOM
Cu	0.00	0.000
Ag	6.25	10.894
Au	93.28	89.047
Te	0.04	0.059
TOTAL	**99.57**	**100.000**

	WT % EL	ATOM
Cu	0.00	0.000
Ag	6.39	11.140
Au	92.98	88.772
Te	0.06	0.088
TOTAL	**99.43**	**100.000**

	WT % EL	ATOM
Cu	0.00	0.000
Ag	6.64	11.471
Au	93.51	88.471
Te	0.04	0.058
TOTAL	**100.19**	**100.000**

Análisis del feldespato-K – JACR-19 skarn. 12 Feb 87

	FL # 1	FL # 2	FL # 3
SiO_2	63.74	63.94	65.51
Al_2O_3	17.85	17.86	18.03
FeO	0.00	0.04	0.01
CaO	0.00	0.00	0.00
Na_2O	0.14	0.15	0.11
K_2O	16.81	16.65	16.78
TOTAL	**98.54**	**98.64**	**100.44**
Proporciones atómicas basadas en 8.0 oxígenos			
Si	3.001	3.004	3.017
Al	0.990	0.989	0.978
Fe	0.000	0.002	0.000
Ca	0.000	0.000	0.000
Na	0.013	0.014	0.010
K2	1.010	0.998	0.986
SUM	**5.014**	**5.007**	**4.991**
An	0.00	0.00	0.00
Ab	1.25	1.35	0.99
Or	98.75	98.65	99.01

Análisis del granate – JACR-19 skarn. 12 Feb 87

	GT # 1A	GT # 1B	GT # 2	GT # 3A	GT # 3B	GT # 4A	GT # 4B
SiO_2	37.2	36.39	37.37	36.6	36.06	37.82	36.89
TiO_2	0.31	0.32	0.12	0.22	0.2	0.29	0.23
Al_2O_3	10.28	6.53	9.81	6.57	5.72	11.3	6.21
Cr_2O_3	0.01	0.03	0.03	0.02	0.04	0.01	0.04
FeO	15.07	19.51	15.76	19.89	20.66	13.75	19.94
MnO	0.88	0.85	0.98	0.59	0.49	1.06	0.73
MgO	0.04	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04
CaO	34.71	34.26	34.49	34.4	34.03	34.8	34.07
TOTAL	**98.5**	**97.91**	**98.59**	**98.32**	**97.23**	**99.06**	**98.15**
Proporciones atómicas basadas en 12.0 oxígenos							
Si	3.107	3.15	3.129	3.155	3.163	3.113	3.184
Ti	0.019	0.021	0.008	0.014	0.013	0.018	0.015
Al	1.012	0.666	0.968	0.667	0.591	1.096	0.632
Cr	0.001	0.002	0.002	0.001	0.003	0.001	0.003
Fe	1.053	1.412	1.104	1.434	1.516	0.946	1.439
Mn	0.062	0.062	0.07	0.043	0.038	0.074	0.053
Mg	0.005	0.003	0.004	0.004	0.004	0.004	0.005
Ca	3.107	3.178	3.094	3.177	3.199	3.069	3.151
SUM	**8.366**	**8.494**	**8.378**	**8.496**	**8.527**	**8.321**	**8.483**
Proporciones atómicas basadas en 8.0 cationes and 12.0 oxígenos							
Si	2.977	2.975	2.991	2.977	2.976	2.995	3.004
Ti	0.019	0.02	0.007	0.013	0.012	0.017	0.014
Al	0.969	0.629	0.925	0.630	0.556	1.054	0.596
Cr	0.001	0.002	0.002	0.001	0.003	0.001	0.003
Fe3+	1.009	1.334	1.055	1.353	1.426	0.911	1.358
Fe	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.06	0.059	0.066	0.041	0.034	0.071	0.050
Mg	0.005	0.002	0.004	0.004	0.004	0.004	0.005
Ca	2.976	3.001	2.958	2.998	3.009	2.953	2.973
Al4	0.023	0.025	0.009	0.023	0.024	0.005	0.004
Al8	0.946	0.604	0.917	0.607	0.532	1.049	0.600
And	49.8	65.3	52.3	66.7	70.2	45.1	67.3
Gro	48.1	32.7	45.4	31.8	28.6	52.4	30.9
Pyr	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2
Alm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Spe	2.0	1.9	2.2	1.3	1.1	2.3	1.7

6.Referencias

Antweiler J. C. and Campbell W. L. (1977) Application of gold compositional analyses to mineral exploration in the United States. J. Geochem. Expln. 8, 17-29.

Berrange J. P. (1984) Paragenesis of gold in late Cenozoic sediments, Osa Peninsula, Costa Rica. Prelim. Rep. No. 3. Overseas Directorate, BGS, Keyworth (unpub).

Boyle R. W. (1979) The geochemistry of gold and its deposits. Geol. Surv. Canada Bull. 280.

Cabri L. J. (ed). (1981) Platinum-group elements: mineralogy, geology, recovery. Can. Inst. Min. Metall. Spec. Vol. 23.

Cuddy A. S. and Kesler S. E. (1982) Gold in the Granisle and Bell copper porphyry copper deposits, British Columbia. In Levinson AA. (ed.). Precious metals in the northern Cordillera. Assoc. Expln. Geochemists Spec. Publ. 10, 139-155.

Desborough G. A. (1970) Silver depletion indicated by microanalysis of gold from placer occurrences, Western United States. Econ. Geol. 65, 304-311.

Einaudi M. T., Meinert L. D. and Newberry R. J. (1981) Skarn deposits. Econ. Geol. 75th Anniversary Volume. 317-391.

Giusti L. (1986) The morphology, mineralogy and behavior of “fine-grained” gold from placer deposits of Alberta: sampling and implications for mineral exploration. Can. J. Earth Sci. 23, 1662-1667.

APÉNDICE 4

BRITISH GEOLOGICAL SURVEY

MINERAL SCIENCES AND ISOTOPE GEOLOGY
RESEARCH GROUP
ISOTOPE GEOLOGY UNIT

Reporte No. 87/5
por
C. C. Rundle

Edades Potasio-Argón de reconocimiento del
Proyecto Cordillera Real, Ecuador

Traducción al español por Stalyn Paucar (2021)

1. Introducción

Como una investigación K-Ar preliminar previa al viaje hacia Ecuador para recolectar muestras para un estudio geocronológico detallado, 10 muestras de separados de mineral de varios cuerpos rocosos encontrados durante las geotravesías preliminares fueron recibidas del Dr. John Aspden del Proyecto Cordillera Real. Desafortunadamente, parece que las instalaciones en Quito para la separación de minerales no fueron ideales, de modo que los separados de mineral eran de muy mala calidad; varios incluso casi consistían sólo de magnetita. Acompañando a los separados había muestras de mano, pero no secciones delgadas, descripciones de rocas, identificación de minerales, o detalles de la relación geológica de estos especímenes.

En el laboratorio de isótopos en Londres, las muestras fueron examinadas y se intentó identificar las rocas y los minerales (gracias a la ayuda de Mr. I. L. Miller); obteniendo las siguientes conclusiones:

Muestra No.	**Descripción.**
AD. ML4	Diorita hornbléndica. Mayormente hornblenda, pero contaminada con biotita, feldespato y ca. 2% magnetita.
AD. ML5	Granodiorita. Hornblenda + feldespato con ca. 90% de magnetita.
FV. 11	Granito. Biotita + feldespato con 70% de magnetita.
FV. 15	Granodiorita. Hornblenda, trazas de biotita y feldespato, 50% magnetita.
FV. 34	Granodiorita. 90% Biotita, trazas de magnetita y feldespato.
FV. 57	Ortogneis, ídem.
FV. 58	Como arriba.
FV. 60	Granito hornbléndico. Hornblenda + feldespato con 90% magnetita.
FV. 83	Diorita/?gabro hornbléndico. Como arriba. 50% magnetita.
386. 13. CO	Mayormente magnetita – ¡incluso el pedazo de roca podía ser agarrado con un imán de mano! Algo de anfíbol.

Luego de la inspección de los separados la magnetita fue removida usando un imán de mano, y los minerales fueron purificados usando la separación por líquidos pesados. Así se obtuvo, en todos los casos, concentrados de mineral razonablemente puros, que fueron analizados para el contenido de potasio (en duplicado) disolviendo una mezcla de ácido perclórico y fluorhídrico, y estimando el K con un fotómetro de llama digital con un estándar interno de litio.

Para las primeras ocho muestras el resultado de potasio sugería un mineral fresco razonablemente puro (excepto por FV.11 que tiene un contenido de potasio algo bajo), sin embargo, la ‘biotita’ de FV.83 tiene un contenido de K muy bajo lo que indica que debió ser cloritizada, además el anfíbol de 13.CO apenas tiene 0.03%K (casi por debajo del límite de detección del método) y por lo tanto es inútil para dataciones; podría ser que se trate de actinolita en lugar de hornblenda. Nueve muestras fueron analizadas para el contenido de Argón y las edades K-Ar aparentes fueron calculadas usando las constantes de decaimiento recomendadas por Steiger y Jäger (Earth Planet. Sci. Lett. 36, 1977, pp. 359-362). Como prueba de reproducibilidad dos muestras fueron analizadas para argón en duplicado.

2. Resultados

Muestra	Mineral	%K	Atmos. 40 Ar (%)	Rg. 40Ar (nl/g)	Edad ± 2σ
AD. ML4	Hornblenda	0.757	26.9	5.26	171 ± 5
AD. ML5	Hornblenda	0.755	47.6	5.21	169 ± 6
FV. 11	Biotita	4.84	35.0	9.85	52 ± 2
			37.7	9.71	51 ± 2
FV. 15	Hornblenda	0.702	69.8	1.82	66 ± 4
			63.8	1.70	61 ± 4
FV. 34	Biotita	6.83	35.8	15.8	59 ± 2
FV. 57	Biotita	5.96	27.3	19.7	83 ± 2
FV. 58	Biotita	6.46	24.6	24.9	97 ± 3
FV. 60	Hornblenda	0.570	35.7	3.49	151 ± 5
FV. 83	?Biotita	2.31	46.4	3.52	39 ± 4
386. 13. CO	Anfíbol	0.03	-	-	-

3. Discusión

Debido a la carencia de información geológica acerca de estas muestras es muy difícil evaluar su importancia, o confiabilidad de los resultados. Sin duda, la 'biotita' de bajo-K de FV.83 debió experimentar una pérdida de argón por post-recristalización, y sólo puede considerarse como una pésima edad mínima para la formación de este espécimen; el mismo argumento podría aplicarse, quizá en menor medida, a FV.11.

Las dos muestras de hornblenda, ML4 y ML5 (posiblemente relacionadas en vista de sus similitudes en número y tipo de roca) proporcionaron las edades más antiguas en este estudio, además hay una buena concordancia entre ambos especímenes. La edad es del Jurásico Medio. No es posible decir si estos datos representan un evento ígneo o metamórfico.

La hornblenda de FV.60 es significativamente más joven, la de FV.15 aún más, y las tres biotitas de alto-K entregaron edades dispersas entre estos dos resultados. Este patrón de edades sugiere firmemente una pérdida parcial diferencial de argón de las diferentes fases durante un evento metamórfico regional tardío, posiblemente en ca. 60 Ma (Paleoceno) – o más tardío si la datación de FV.11 es considerada como confiable (52 Ma, límite Eoceno-Paleoceno).

Posteriores dataciones K-Ar de pares hornblenda/biotita de las mismas rocas, dataciones de roca total Rb-Sr y, posiblemente, dataciones U-Pb de circones, en conjunto con discusiones detalladas con los geólogos de campo, deberían ayudar a clarificar la relevancia de estos resultados.

C. C. Rundle

6 de Abril 1987

APÉNDICE 5

Petrografía de 8 muestras
del Río Mulatos

para

Area Selection Group
B. P. Minerals International
Newbury, Berkshire

Anne Thompson
Consultant
Flexford Court Cottage
Highclere, Newbury
Berkshire

3 de mayo, 1987

Traducción al español por Stalyn Paucar (2021)

LISTA DE MUESTRAS

140-b	—	‘filita’
148	—	esquisto biotítico
147-a	—	granodiorita
154-a	—	diorita
145-c	—	skarn
149	—	skarn
151	—	skarn
156	—	skarn

140-b – 'filita

Muestra de mano

Negra con fuerte foliación, leve superficie grasosa. Nódulos gris-oscuros de hasta 1 cm de largo. Óxido de Fe y pirita fresca concentrados en grumos y largueros (*stringers*). No magnética.

Sección delgada

Minerales mayores:

-clorita: amarilla-verde pálido, birrefringencia de primer orden, extinción paralela. Dos fases; fibrosa, foliada, mezclada con opacos finos diseminados y con clorita de mayor tamaño, como bordes en los granates, transversal a la foliación. 50%. Ver Figura 1.

-granate: rosa pálido, ligeramente anisotrópico – grosularia-andradita. Granos grandes cortados por zonas de clorita y con bordes de clorita fibrosa. 30%

-cuarzo: mosaico, principalmente en zonas de bordes, 3%.

Minerales menores:

-pirita: a lo largo de los bordes de zonas de granate, también conteniendo a la clorita.

-hematita: alrededor de la pirita

El granate se altera a clorita + cuarzo y las zonas de granate no son disruptivas a la foliación general. La segunda fase de clorita corta a través de la foliación y contiene granos de granate y cuarzo. Esta clorita es más verde y probablemente más rica en hierro que la variedad fibrosa.

Figura 1. Granate ligeramente corroído en el extremo izquierdo y clorita de gran tamaño en el centro; también se observa clorita transversal a la foliación y opacos. Microfotografía: 4 mm de ancho.



148 – esquisto con biotita (turmalina)

Muestra de mano

Negro, de grano fino a medio con foliación distintiva y pequeños (1 mm) porfiroblastos (?). Pirita diseminada de grano grueso.

Sección delgada

Minerales mayores:

-biotita: pleocroica café pálido a castaño, láminas de hasta 2 mm, paralelas a la foliación. 25%.

-turmalina: pleocroica azul-pizarra a incolora, gran absorción en posición perpendicular al polarizador, -2ve, extinción paralela. Rosetas concentradas en una mitad de la sección. 25%. Ver Figura 2.

-cuarzo: mosaico, recristalizado. 22%.

-clorita: verde pálido, extinción paralela. 12%.

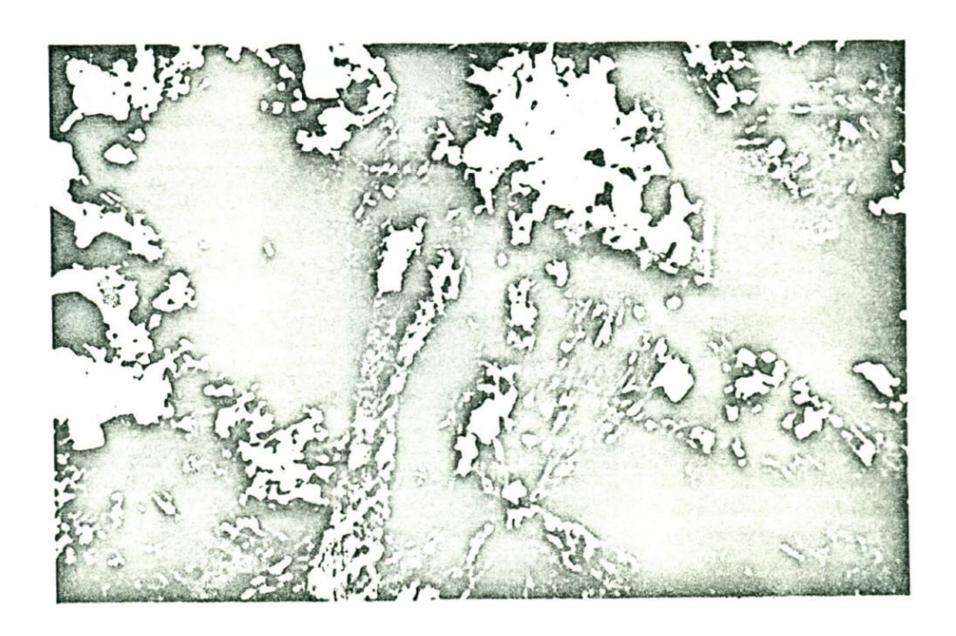
Minerales menores:

-calcita: vetillas, transversal a la zona de turmalina. traza a 1%. Ver Figura 2.

-pirita: de grano grueso, diseminada, 3%.

La biotita y clorita están foliadas; la turmalina no está deformada y es el producto del metasomatismo inducido por el intrusivo granodiorítico.

Figura 2. Rosetas de turmalina y mosaico de cuarzo, cortados por vetillas de carbonato. Polarizadores cruzados, Microfotografía: 4mm de ancho.



147-a – Granodiorita

Muestra de mano

Roca oscura gris-verdoso y gris-blancuzco pálido, grano medio. 30% máficos, no-magnética. Textura uniforme, moderadamente deformada.

Sección delgada

Minerales mayores:

-plagioclasa: feldespato remanente con múltiples maclas, ángulo de extinción menor a 15°, probable albita, también anti-pertita. Dominantemente alterada a epidota/clinozoisita. Originalmente 45%. Ver Figura 3.

-cuarzo: deformado, 20%.

-biotita: pleocroica, café pálido a oscuro, láminas largas de hasta 2 mm y como alteración secundaria de hornblenda. 12%. Ver Figura 4.

-hornblenda: pleocroica, verde, subhedral, granos de hasta 5 mm de largo, los bordes parecen alterarse a actinolita en lugar de a biotita. 8%. Ver Figura 4.

Minerales menores:

-esfena: traza

Alineación subparalela de feldespatos, moderadamente deformada. Posible alteración potásica temprana sobreimpresa por una alteración propilítica.

Figura 3. Plagioclasa alterada a epidota/clinozoisita, mostrando restos de maclado en la parte superior de la microfotografía. Biotita en la esquina inferior izquierda. Polarizadores cruzados, Microfotografía: 4 mm de ancho.

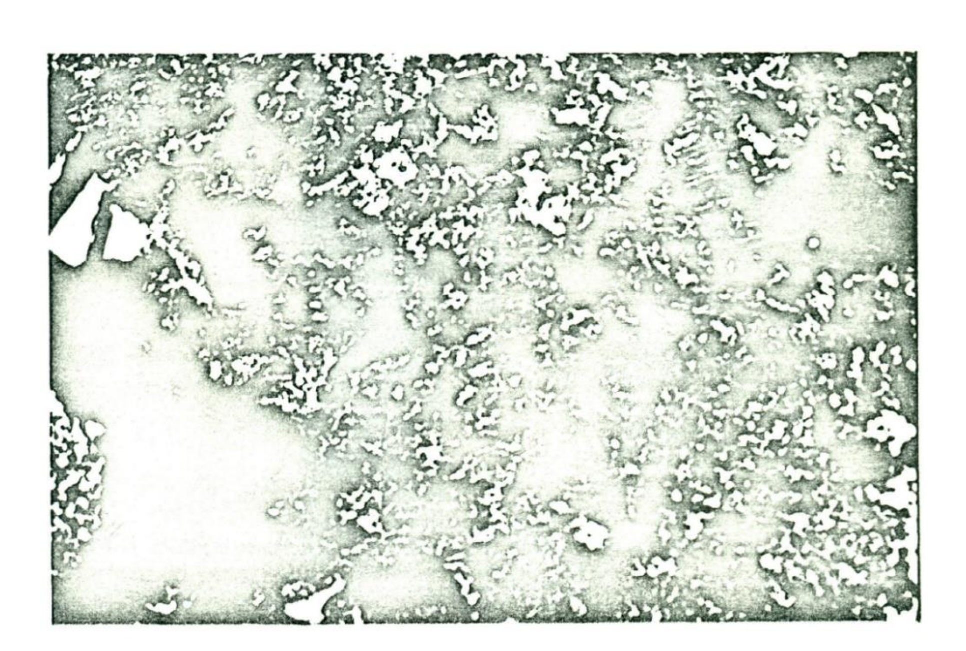


Figura 4. Granodiorita alterada y deformada. Biotita en el centro-izquierda, rodeando parcialmente a la hornblenda. Plagioclasa altamente alterada en la derecha y centro. Luz polarizada plana, Microfotografía: 4mm de ancho.



154-a – granodiorita-diorita sericitizada

Muestra de mano

De grano medio a grueso, roca color gris-verde pálido moteada. Aprox. 30% de máficos y no magnética. Textura uniforme.

Sección delgada

Minerales mayores:

-plagioclasa: altamente sericitizada, con remanentes ocasionales de maclado múltiple, ángulo de extinción menor que 15°, probable albita. Cristales originales de 1-2 mm. 50%.

-cuarzo: deformado, 20%.

-biotita: pleocroica de verde pálido a café oscuro, láminas ondulosas, mezclada con flogopita. 8%. Ver Figura 5.

-sericita: masas de grano fino, remplazando al feldespato. 45%, ver Figura 5.

-clorita: verde pálido, extinción paralela, en vetillas y grumos, 10%.

Minerales menores:

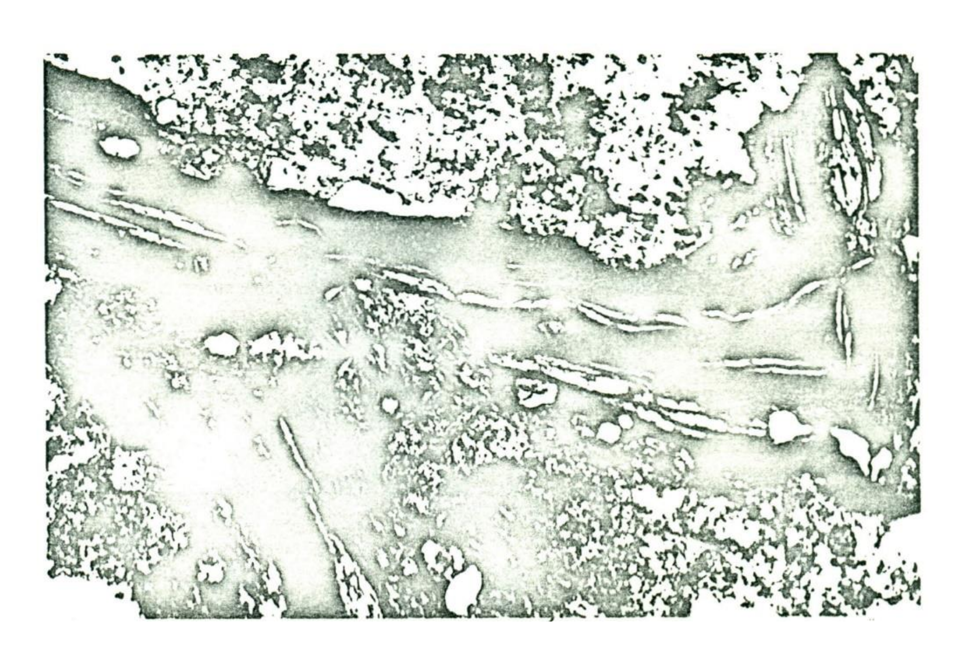
-epidota: alto relieve y birrefringencia, grano fino, mezclada con sericita, 3%.

-esfena: traza

-pirita: diseminada, 1-2%.

Diorita fuertemente alterada, con feldespato albitizado y sericitizado y epidota menor. Leve deformación

Figura 5. Biotita y plagioclasa sericitizada, luz polarizada plana.
Microfotografía: 4mm de ancho.



145-c – skarn cálcico-magnetítico

Muestra de mano

Roca color gris y verde pálido moteada, con textura granular/sacaroidea. La muestra es cortada por una veta de 1.5 cm de magnetita cristalina de grano grueso (no en la sección delgada). Pirrotina (aspecto metálico) diseminada, 1-2%.

Sección delgada

Minerales mayores:

-clinopiroxeno: hedenbergita; +2ve, extinción de 30°, pleocroísmo de verde pálido a verde oscuro. Anhedral-subhedral, cristales de hasta 0.5 mm, 25%. Ver Figura 6.

-calcita: romboédrica, colores de interferencia anómalos, dispersa y en una veta que corta transversalmente. 30%.

-epidota: alto relieve, colores altos de interferencia, 12%.

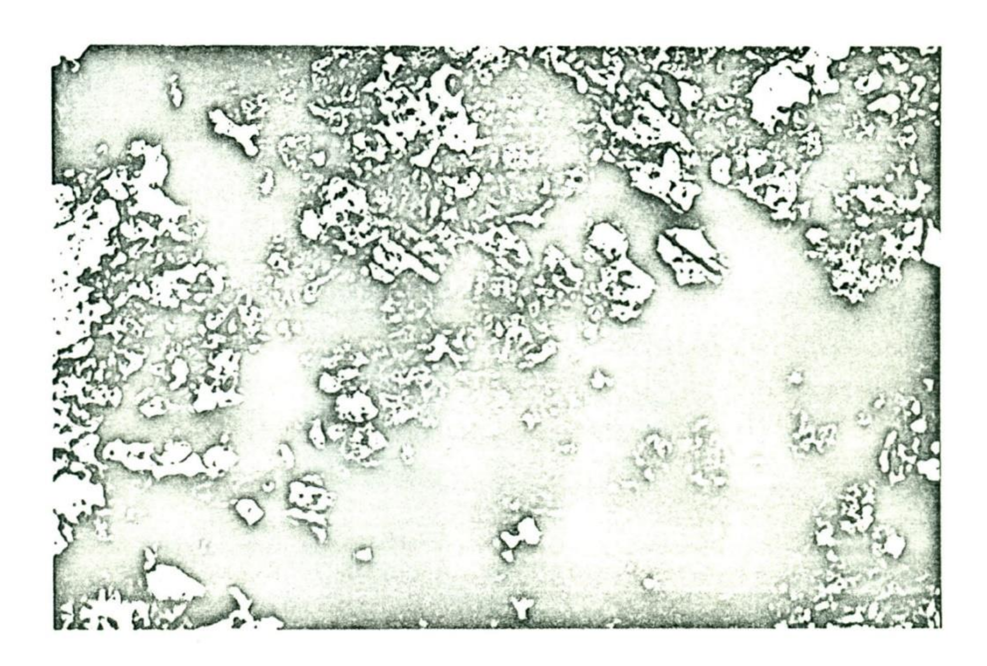
Minerales menores:

-cuarzo: traza a 1%

-pirrotina: diseminada, 2%

La hedenbergita y epidota están intercrecidas y son el resultado de la formación prógrada del skarn. La calcita, cuarzo, magnetita y pirrotina son retrógradas.

Figura 6. En la derecha inferior e izquierda superior, hedenbergita de color verde a verde oliva. Matriz de calcita (blanco) y epidota (amarillo pálido). Los opacos son magnetita. Luz polarizada plana, Microfotografía: 4 mm de ancho.



149 – skarn cálcico-magnetítico

Muestra de mano

Skarn negro de grano fino a medio con grumos de epidota (20-30%) y pirrotina diseminada. Débilmente magnético.

Sección delgada

Minerales mayores:

-anfíbol-ferrohastingsita: pleocroísmo de amarillo pálido a verde-azul oscuro, -2ve, ángulo de extinción de 20°. 45%. Ver Figura 7.

-epidota: verde-amarillo pálido, alto relieve y birrefringencia, 22%.

-cuarzo: mosaico, recristalizado, con inclusiones de anfíbol.

-clinopiroxeno: verde prado – pleocroico, ángulo de extinción de 40°, 2do orden de birrefringencia, maclado, deformado. Localmente se observa colores anómalos de interferencia. Corroído a lo largo de los bordes y fracturas, alterado a filosilicato (clorita café). 5%.

Minerales menores:

-diópsido: incoloro, amplia figura biaxial, ángulo de extinción de 40°, 2%.

-wollastonita: incolora, con relieve moderado, -2ve, 1er orden de birrefringencia, extinción paralela. 2%

-clorita: producto de alteración a lo largo de los bordes del clinopiroxeno.

-ankerita: alto relieve y birrefringencia, clivaje romboédrico, 1%.

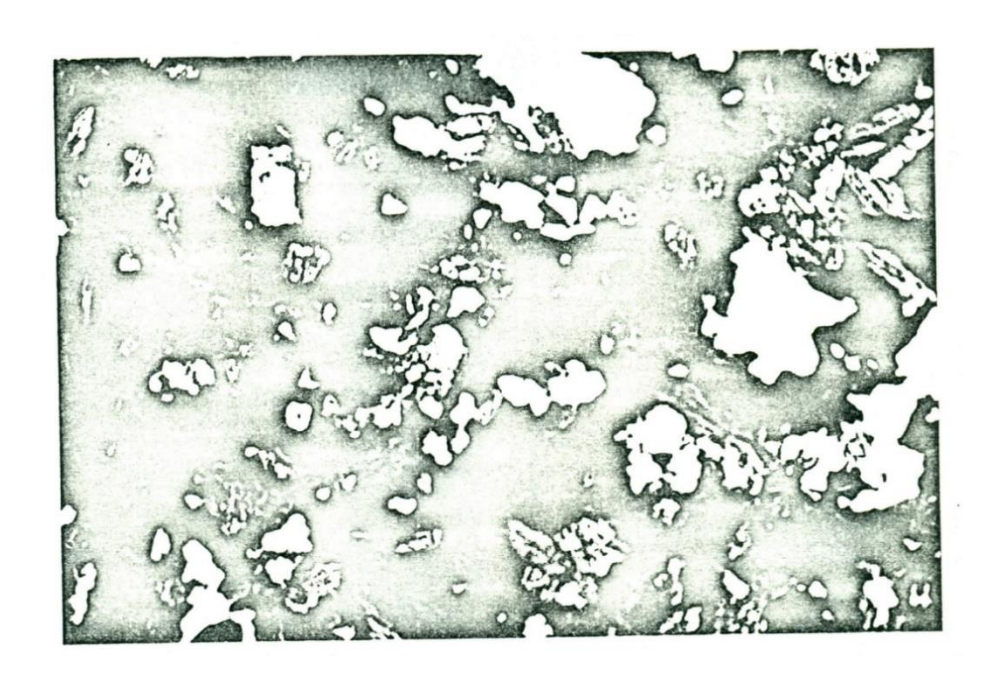
-esfena: traza.

-pirrotina: diseminada, 3%.

-magnetita: diseminada, 2-3%.

Este es un skarn complejo, con epidota, piroxeno (hedenbergita y diópsido) aparentemente de tipo prógrado y posiblemente wollastonita y cuarzo. Los minerales retrógrados incluyen anfíbol, cuarzo, clorita y ankerita. Ver Figura 7 (siguiente página).

Figura 7. Skarn complejo con ferrohastingsita (azul-verde oscuro a verde oliva) y opacos diseminados



151 – skarn cálcico-magnetítico

Muestra de mano

En general es un skarn granatífero con orillos de anfíbol negro y veta de epidota. Débilmente magnético.

Sección delgada

Minerales mayores:

-epidota: alto relieve y birrefringencia, granos de hasta 0.5 mm. La zona de epidota está cortada por fracturas. 60%. Ver Figura 8.

-anfíbol-ferrohastingsita: pleocroico de verde oliva a verde-azul oscuro, ángulo óptico muy pequeño. 15%

-granate: grosularia-andradita, rosa pálido, alto relieve, levemente anisotrópico. Cristales de hasta 1 mm de largo, euhedrales-subhedrales. 15%.

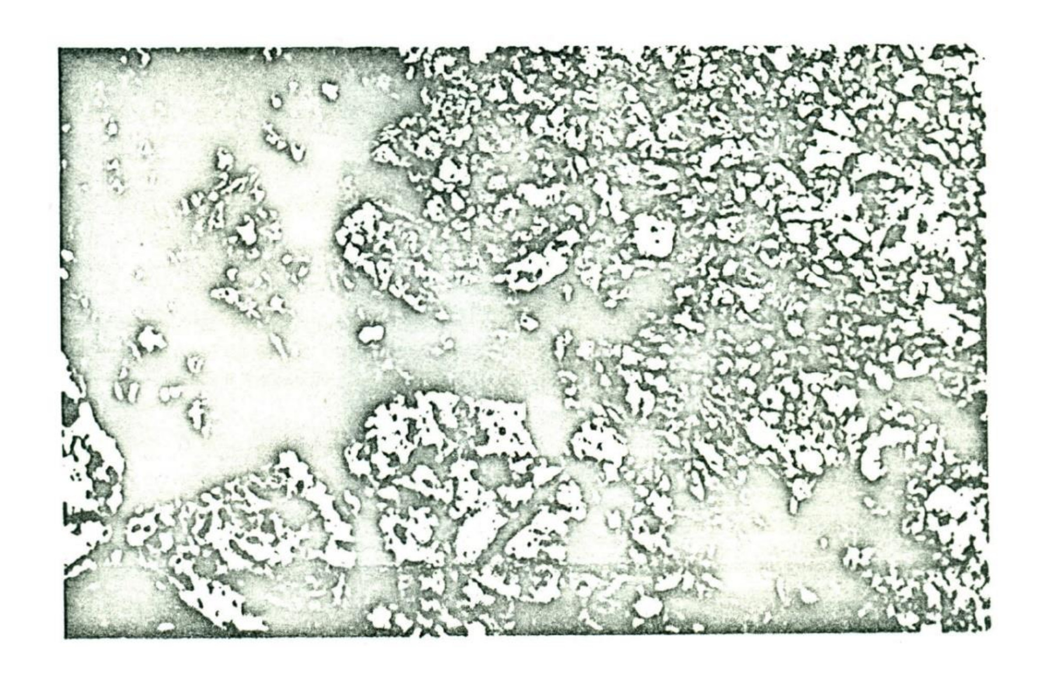
-?ilvaíta: pleocroísmo de café a azul-café oscuro, extinción paralela, clivaje a 90°, 8%.

Minerales menores:

-magnetita: concentrada en la zona de anfíbol/granate, 3-4%.

La mayor parte del skarn se compone de anfíbol, granate, ¿ilvaíta? y magnetita. El anfíbol, granate y magnetita también se encuentran en las fracturas que cortan transversalmente a la veta de epidota. El anfíbol quizá es retrógrado después del piroxeno, sin embargo, no se observó algún piroxeno primario.

Figura 8. Veta de epidota en la parte superior derecha, mostrando un contacto difuso con la zona de granate, anfíbol, magnetita. Luz polarizada plana, 4 mm de ancho.



156 – skarn cálcico-magnetítico

Muestra de mano

Roca carbonatada color verde pálido con cristales de anfíbol orientados aleatoriamente. Toscamente capeada con zonas ferruginosas, carbonatos y anfíbol. La zona rica en Fe está parcialmente oxidada. El anfíbol es el más abundante cerca de la zona de Fe.

Sección delgada

Minerales mayores:

-calcita: colores anómalos de interferencia, matriz y cristales anhedrales entrelazados, 40%.

-anfíbol-ferrohastingsita: pleocroísmo de amarillo-verde pálido a verde-azul oscuro, ángulo de extinción de 10°-15°, ángulo óptico muy pequeño, -2ve. Granos euhedrales a subhedrales, 2-5 mm de largo. 30%. Ver Figura 9.

-granate: grosularia-andradita, rosa pálido, anisótropo, cristales de 1-2 mm. 8%.

Minerales menores:

-?epidota: alto relieve y birrefringencia, presente a lo largo de fracturas y como inclusiones en el granate y anfíbol, 1%.

-cuarzo: granos anhedrales, con anfíbol, traza a 1%.

-carbonato: traza.

-pirita (?pirrotina) : concentrada en capas, delgadas líneas paralelas a las toscas capas. 3%, ver Figura 10.

-magnetita: concentrada en las capas ricas en Fe y diseminada, 2%.

El granate y la epidota parecen ser prógrados y son seguidos por calcita ¿retrógrada?. El anfíbol y el cuarzo son retrógrados, con grandes cristales de anfíbol crecidos en la matriz de calcita. La pirrotina y la magnetita sobreimprimen al anfíbol.

Difícil de justificar: los gránulos de epidota se encuentran dentro del mosaico de carbonato y probablemente se formaron con el carbonato. El anfíbol está corroído por el carbonato y podría ser contemporáneo con el granate. N.J.F.

Ver Figura 9 y 10.

Figura 9. Cristales grandes de anfíbol en una matriz de calcita, con numerosas inclusiones de epidota y cuarzo. Microfotografía: 4 mm de ancho.

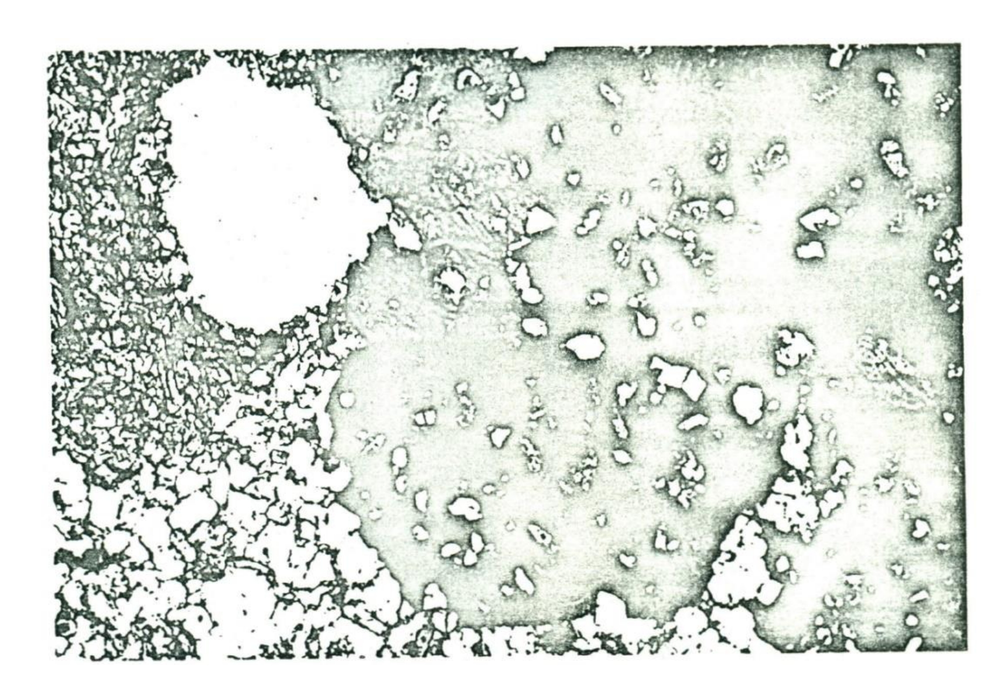
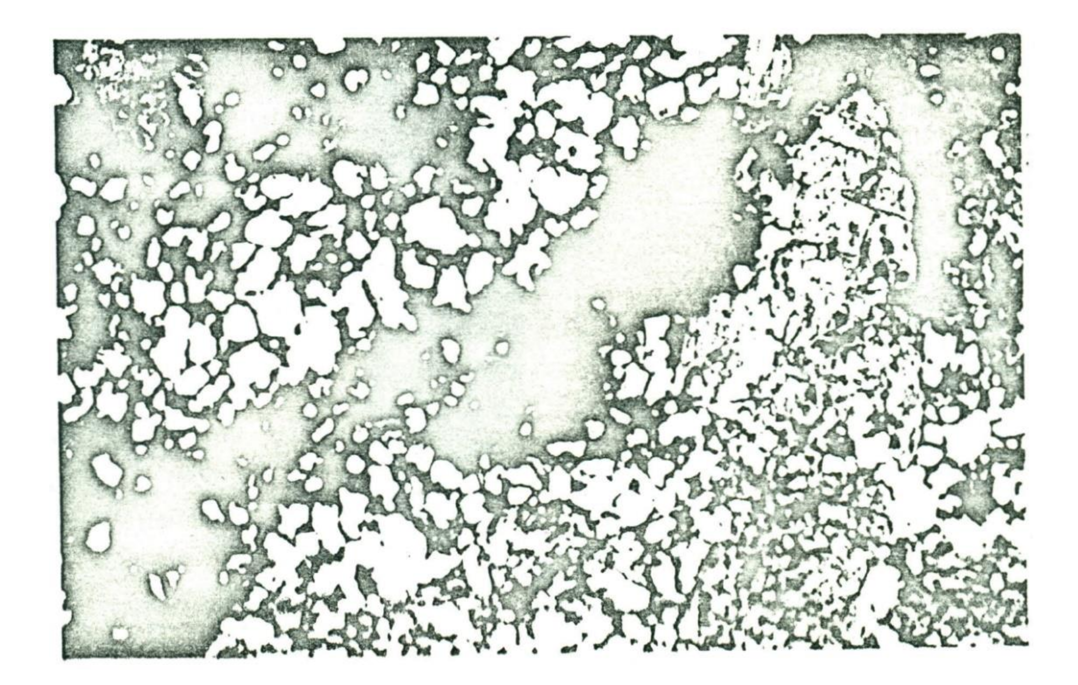


Figura 10. Pirrotina y magnetita cortando transversalmente al anfíbol. 4 mm de ancho.



APÉNDICE 6

Informes de comisión de la Cordillera Real de norte a sur

ÍNDICE

INEMIN

INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

No. 0265

QUITO, ENERO 30, 1987

PARA	:	GERENTE TÉCNICO
DE	:	ING. RAMIRO BERMÚDEZ y DR. MARTIN LITHERLAND
ASUNTO	:	Informe Técnico de la comisión efectuada a Ibarra-Tulcán del 19 de noviembre al 5 de diciembre de 1986

SUMARIO:

El Proyecto de Investigación Geológica de la Cordillera Real que se lo ejecuta con la Asistencia técnica de la Misión Británica, efectuó la presente comisión de campo con el fin de continuar con las travesías establecidas en la programación anual de actividades. Para lo cual se realizaron recorridos por el sector del Valle del Chota, donde afloran las rocas metamórficas de la Fm. Ambuquí. Se estudió además la zona de El Carmelo-Sta. Bárbara-El Calvario-San Francisco (El Playón) y la travesía Santa Bárbara-Sibundoy-El Higuerón-La Bonita (con una distancia aproximada de ± 25 km).

Las rocas estudiadas en su mayoría corresponden a: ortogneis, paragneis, esquistos verdes pelíticos y grafíticos, cuarcitas metapsamíticas y metalavas. Se tomaron muestras de sedimentos pesados (12) y fluviales (15) en los ríos y arroyos principales, recolectándose aproximadamente 50 muestras para su estudio petrográfico. En cuanto a la geología económica los sectores presentan muy pocas perspectivas interesantes.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivo

A través de los diversos recorridos programados, continuar con el estudio de las rocas metamórficas e ígneas de la Cordillera Real.



1.2. Personal asignado
Brigada No. 1, conformada por:

Ing. Ramiro Bermúdez	(INEMIN)
Dr. Martin Litherland	(BGS/ODA)
Sr. Luis Acosta	(INEMIN/Chofer)

Como transporte se utilizó el Jeep Land Rover AT-0068, perteneciente a la misión.

1.3 Aspectos geográficos
La zona estudiada en la presente comisión se halla aproximadamente entre 160 y 200 km al norte de la capital, en las provincias de Imbabura, Carchi y Napo. Abarcando dos sectores:

(a) Valle del Chota, y
(b) Tulcán-La Bonita

Enmarcado entre las siguientes coordenadas:

(a)	Latitud	0°30'	-	0°15'	S
	Longitud	78°01'	-	77°45'	W
(b)	Latitud	0°40'	-	0°25'	S
	Longitud	77°40'	-	77°29'	W

1.4 Clima y vegetación
Parámetros que están en relación directa con las alturas de los sectores investigados.

Las cotas del área fluctúan entre 1800 msnm y 3800 msnm. Se encuentra localizada Ibarra (± 2250 msnm), el Valle del Chota (± 1750 msnm), que gozan de un clima subtropical; Tulcán (± 2950 msnm), la ciudad más norteña del país; y El Carmelo (± 3800 msnm) con climas que varían de Temperado Andino a Frío Subandino.

Tanto las zonas altas como las tierras bajas son fértiles, caracterizadas por los cultivos de maíz, cebada, trigo y patatas, y caña de azúcar, maní, café en las zonas subtropicales.

1.5 Hidrografía
Los principales ejes hidrográficos en cada una de las zonas son:

(a) El Río Chota, que en la mayor parte corre por el Valle que lleva su nombre; en el curso superior y medio del río engruesa sus aguas con los ríos Pisque y Río Blanco, que luego toma el nombre de Río Mataqui, para conjuntamente con el Río Escudilla pasar a formar el Río Caldera que en el sector del Juncal toma el nombre de Chota.

(b) El Río Chingual, que corre en sentido oeste-este y norte-sur constituye el principal río de la zona (El Playón-La Bonita), y además es el límite fronterizo entre Ecuador y Colombia.

1.6 Población

Los habitantes de las zonas están dedicados a labores agrícolas, ganaderas y a la explotación de la madera sobre todo en el sector comprendido entre La Bonita y Sibundoy.

1.7 Vías de comunicación

La carretera Panamericana Norte Quito-Ibarra-Tulcán, constituye el enlace hacia el área de estudio (± 230 km / cuatro horas y media). Hacia el Valle del Chota se lo realiza a través de la Panamericana Norte y luego utilizando caminos de segundo y tercer orden: Ibarra-Ambuquí-El Juncal-Pimampiro-San Francisco de la Caldera-San Rafael-Monte Olivo.

Hacia la zona de El Playón-La Bonita, se utiliza caminos de primer, segundo y tercer orden: Ibarra-Tulcán-El Carmelo-Santa Bárbara-Sibundoy. Además, el tramo Sibundoy (Las Ollas)-La Bonita (± 25 km) se lo realiza a través de camino de herradura (a pie o utilizando mulares).

1.8 Usos del suelo

Debido a que un porcentaje elevado de las áreas investigadas se encuentran cubiertas por potentes mantos de productos volcánicos (ceniza, lapilli, pómez), lo que ha contribuido en parte para que los suelos ricos en materia orgánica sean utilizados para labores agrícolas y ganaderas, así:

En el Valle del Chota existen extensas áreas dedicadas al cultivo de caña de azúcar, maní, café, algodón, etc.

En la zona septentrional sus áreas están dedicadas al cultivo de patatas, maíz, cebada, etc.

1.9 Industrias

Los recursos agrícolas, ganaderos y forestales constituyen las principales fuentes para el desarrollo en menor o mayor escala de las zonas investigadas. Es importante continuar con la construcción de la vía Santa Bárbara-La Bonita (± 35 km) lo que beneficiaría al desarrollo de la zona.

El turismo especialmente en la zona de Ibarra-Valle del Chota, debido a las condiciones climáticas constituye otra fuente de ingreso.

1.10 Trabajos anteriores

- Hoja geológica de San Gabriel, escala 1:100000, 1986, DGGM, Quito.
- Hoja geológica de Ibarra, escala 1:100000, 1980, DGGM, Quito.
- Mapa Geológico Nacional, escala 1:1000000, 1982, DGGM, Quito.
- Herbert (1983)
- Feininger (1982)

1.11 Metodología de trabajo

Se utilizaron las siguientes bases cartográficas:

- Hoja topográfica de Ibarra, escala 1:50000, editada por el IGM y las siguientes hojas planimétricas, 1:50000; Pimampiro (42), Mariano Acosta (53), Huaca (34) y La Bonita (43), preparadas por el IGM, para el Censo de Población y Vivienda de noviembre de 1973.
- Fotografías aéreas que cubren la zona (Tulcán-La Bonita), escala-1:60000, tomadas en los años 1978-1979, adquiridas en el IGM.

Se empleó la siguiente metodología:

- Observaciones geológicas "in situ"
- Estudio de las estructuras presentes
- Recolección de muestras para estudio petrográfico (84)
- Muestreo de sedimentos pesados (12) y fluviales (15)

1.11 Geomorfología

La geomorfología del área investigada está relacionada con las cotas, destacándose claramente dos zonas:

- Una con pendientes suaves con alturas entre 1700 a 2250 msnm, donde se localiza el Valle del Chota y el sector de La Bonita.
- Y la otra con pendientes fuertes y muy quebradas con alturas de hasta 3000 msnm: El Carmelo-Santa Bárbara.

2. LITOLOGÍA

2.1 Introducción

Las geotravesías Ambuquí-Monte Olivo y El Playón-La Bonita no forman una línea continua, pero hay evidencia que se forma una travesía completa por el rumbo andino de este sector de la Cordillera Real. Es decir que las rocas, esquistos pelíticos seguidos por gneises semipelíticos, del extremo oriental del corte Ambuquí-Monte Olivo forman la secuencia occidental del corte Playón-La Bonita. Así en esta descripción se tratará de una geotravesía Ambuquí-La Bonita tratando las unidades del Complejo Metamórfico por el este.

2.2 Zona de Ambuquí

Los flancos del Valle de Ambuquí están compuestos por rocas del Complejo Metamórfico. El lado oriental está formado por un cerro elongado N-S de estas rocas, que se extiende hasta el Río Chota por el norte. Rocas sedimentarias y volcánicas de edad Cenozoica afloran a todos los lados de este cerro, lo cual se puede interpretar como un eje anticlinal Cenozoico. Ventanas del Complejo Metamórfico se encuentran por niveles bajos en el flanco occidental del Valle Ambuquí y en el Valle de Cachiyacu más al Oeste.

En el Valle de Cachiyacu, los afloramientos del Complejo Metamórfico más al oeste, tienen cuarcitas pálidas y oscuras de grano fino intercaladas con filita sericita, y filitas grafíticas silíceas. Los afloramientos son afectados por fallas de movimiento quebradiza.

Por la zona de Ambuquí la secuencia metamórfica está expuesta en la carretera Panamericana. Por el oeste las rocas son metasedimentarias con aspecto negro y por el este metavolcánicas con aspecto verde. La secuencia metasedimentaria es semipelítica con filitas grafíticas silíceas intercaladas con cuarcitas obscuras, con algunos clastos redondos de cuarzo de color azul-gris; metachert obscuro; y filitas silíceas. Vetas de cuarzo son prominentes a lo largo del primer clivaje.

El contacto entre los sectores metasedimentarios y metavolcánicos está expuesto en el cerro sur de Carpuela. Es tectónico y subvertical y seguido al oeste por 8 m de filita negra y luego por 15 m de metachert obscuro. Cerca del contacto, y parte de la secuencia de filitas negras, hay bandas de rocas silíceas finas de color verde pálido y con cristales cúbicos de hematita interpretados como pseudomorfos de pirita. Hay bloques de calcita de veta probablemente derivados de los metavolcánicos verdes.

La secuencia volcánica está bien expuesta en la carretera en frente de Carpuela. Comprende esquistos verde-grises de tipo metabasita (Salazar et al., 1978). Hay bloques sueltos en donde la textura ígnea es mejor preservada. Vetas pequeñas de calcita fueron notadas.

Al sur de la carretera por el Valle de Ambuquí, se puede determinar que el rumbo del contacto sigue el segundo clivaje al SSW y luego al SSE.

2.3 Zona de Pimampiro, Monte Olivo y Sigsigpamba

En este sector las unidades metamórficas tienen un rumbo aproximadamente NE, y aunque hay muchas complicaciones estructurales por afloramientos un mapeo breve es suficiente para determinar cinco fajas litológicas en este sector, las cuales van en dirección SE: el meta-intrusivo de Pimampiro, la faja metapsamítica, la faja de esquistos verdes, la faja de esquistos pelíticos, y la faja de gneis semipelítico.

2.3.1 El meta-intrusivo de Pimampiro: aflora por el camino a Monte Olivo y por el camino a Sigsigpamba, y también lo hemos notado en forma alterada en el área de Chuga adentro de los ríos Escudilla y Mataqui.

La roca es un ortogneis con una foliación tectónica que corresponde a la segunda foliación en los esquistos al SE. La matriz cuarzo-feldespática es de grano grueso. Son prominentes los cristales de hornblenda, la mayoría orientados por la foliación, los cuales alcanzan 3 cm de largo en el afloramiento en el camino a Monte Olivo.

Biotita y moscovita también están presentes. La muestra del camino a Monte Olivo, tiene lentes de moscovita/feldespato-K separados de los megacristales hornbléndicos por zonas más ricas en cuarzo.

Hay "xenolitos" obscuros, de grano fino a medio, de tipo de composición metadiorita, los cuales contienen megacristales hornbléndicos menos concentrados.

2.3.2 La faja psamítica: es la más tentativa, basada en afloramientos en el camino a Monte Olivo y al SE de Chuga. Las rocas comprenden esquistos de cuarzo (?feldespático), cuarcitas ferruginosas y metapsamitas de biotita, con bandas de esquisto verde metavolcánico de 5 cm a 2 m de espesor.

2.3.3 La faja de esquistos verdes: estructuralmente está arriba de la faja metapsamítica por el camino a Monte Olivo donde hay un contacto de transición. Se puede seguir la faja hasta el camino a Sigsigpamba donde hay intercalaciones con esquistos pelíticos.

Los esquistos verdes varían de tipo de grano fino hasta rocas de grano medio a grueso con bandeamiento tipo gneis con segregaciones de material cuarzo-feldespático. Este cambio está bien desarrollado en dirección Este por el camino a Monte Olivo. Los tipos de grano más grueso contienen cuarzo colorado (tipo ametistina), sulfuros y hematita. Hay intercalaciones de cuarcita gris-verde pálida, de grano fino.

2.3.4 Intrusiones concordantes en la faja de esquistos verdes: parece que éstas están restringidas a la faja de esquistos verdes y son prominentes por los caminos a Monte Olivo y Sigsigpamba. Consisten de intrusivos graníticos, aplograníticos y microfeldespáticos de grano fino a medio, de espesor de 5 a 40 m. Generalmente son tectónicamente foliados paralelos a la esquistosidad de los esquistos alrededor. En muchos casos las muestras contienen un mineral de alteración arcillosa de color rojo.

2.3.5 La faja de esquistos pelíticos: por el camino a Monte Olivo los afloramientos comprenden esquistos de moscovita, ± granate ± grafito ± cloritoide ± feldespato con intercalaciones de ortocuarcita de color gris pálido o gris medio. Por el camino a Sigsigpamba esquistos de moscovita y granate dominan la faja. Hay también esquistos con fuchsita, esquistos grafíticos; metapsamitas con granate y cloritoide; esquistos semipelíticos con cianita en vetas; y cuarcita de grano fino de color claro y obscuro.

2.3.6 La faja de gneis semipelítico: aflora alrededor de Sigsigpamba y hay bastantes bloques rodados río arriba de Monte Olivo para indicar su extensión al Este. Las rocas demuestran gneis de moscovita y granate, y esquistos de moscovita con granates hasta de 2 cm de diámetro.

2.3.7 Bloques rodados exóticos: es decir, de litologías que no afloran en la zona, son los siguientes:

(a) Quebrada Guambi: gneis granitoide biotítico (25% de bloques); dolerita-gabro (un bloque).

(b) Río Blanco (puente): granito biotítico (60%) con biotita euhedral (hexagonal) hasta 2 cm de diámetro; pegmatita (algunos bloques) probablemente asociada con el granito.

(c) Río Sigsigpamba: algunos bloques de granito.

(d) Río Verde: algunos bloques de anfibolita (metagabro granatífero).

2.4 Corte El Playón-La Bonita

2.4.1 Faja de esquistos pelíticos Río Minas: afloran por el camino en un solo sitio entre El Playón y el Río Minas. Son esquistos pelíticos alterados. En el Río Minas hay bloques de esquistos pelíticos y un bloque de esquisto tremolítico ultramáfico.

2.4.2 Faja de paragneis de El Playón: no aflora in situ, pero los ríos del sur están dominados por bloques rodados de estas litologías de tipo paragneis moscovítico-biotítico de grano medio. También hay bloques de esquistos y cuarcitas de moscovita y cloritoide, y en dos ríos hay algunos bloques de gneis (con vetas cuarzosas) de tipo granoblástico cuarzo-feldespático de color obscuro y de grano medio. También hay unos bloques de metalava básica masiva de color verde-gris obscuro.

2.4.3 Faja ortogneis de Sacha: aflora por el camino Santa Bárbara-El Playón, la roca dominante es un ortogneis (metagranito) biotítico de grano medio con un desarrollo de porfiroblastos de feldespato-K, los cuales no alcanzan más de 1 cm de largo, por la foliación tectónica. La litología es bastante homogénea, pero en bloques rodados se nota xenolitos máficos deformados y bandas más ricas en biotita. Hay también bloques de paragneis biotítico y de ortogneis hornbléndico granitoide, en los cuales hay casos de vetas pegmatíticas pequeñas en donde la hornblenda forma megacristales hasta de 2 cm de largo.

2.4.4 Faja paragnéisica de Santa Bárbara: aflora por la zona de Santa Bárbara y por el camino al SE. Los afloramientos y bloques rodados indican que en esta faja predomina el paragneis sobre el componente de ortogneis.

En las quebradas al Oeste de Santa Bárbara hay una mezcla de litologías in situ: paragneis bandeado biotítico con porfiroblastos de feldespato-K hasta 1 cm de largo, a lo largo de la foliación; bandas de esquisto biotítico; y ortogneis (metagranito) biotítico de grano medio a grueso semejante al de la faja Chingual. Más al SE hay afloramientos de paragneis biotítico-moscovítico de grano fino a medio. También en bloques rodados hay paragneis biotítico psamítico; ortogneis tonalítico biotítico xenolítico; ortogneis hornbléndico y gneis anfibolítico.

2.4.5 Faja de ortogneis Chingual: es la más probada de todas las fajas del corte El Playón-La Bonita por la excelencia de los afloramientos en el camino.

Los afloramientos por el Norte indican un ortogneis de grano medio, o de intercalación de bandas de grano fino a medio con los de grano medio a grueso. Más al sur siguen afloramientos de ortogneis blanco de grano grueso con porfiroblastos biotíticos hasta de 1.5 cm de largo, por la foliación tectónica. Esta litología es característica de la faja. Es muy homogénea con un poco de indicación de xenolitos máficos y bandas biotíticas. Hay un afloramiento donde moscovita porfiroblástica se forma con biotita. Sin embargo, en bloques rodados hay análogos menos deformados con xenolitos de metatonalita/metadiorita, y algunos xenolitos tienen vetas graníticas. En lugares, el metagranito contiene plagioclasa epidotizada, especialmente a lo largo de diaclasas.

El contacto SE de esta faja de ortogneis está marcado por una zona de alrededor de 100 m la cual empieza con ortogneis de biotita y hornblenda y más al SE contiene por lo menos 20 m de “metagabro” de grano grueso de composición hornblenda/plagioclasa. Esta zona máfica fue cruzada dos veces y en el mapa está interpretada como una sola banda.

Una muestra de la zona de ‘metagabro’ contiene alrededor de 70% hornblenda en forma de cristales lepidoblásticos suborientados hasta de 3 cm de largo con intersticios de plagioclasa y un mineral rosado-rojo muy pequeño (esfena?).

2.4.6 Faja de esquistos, paragneis e intrusivos de Sibundoy: tiene un contraste muy marcado con los ortogneis de Chingual. La litología predominante es un paragneis esquistoso moscovítico-biotítico de grano fino a medio y en muchos lugares bandeado. Intercalados con este paragneis hay bandas o zonas de esquisto biotítico; metagranitos biotíticos de grano fino; esquisto feldespático de grano fino (?metavolcánico ácido); ortocuarcitas finas blancas, grises y obscuras; y metapsamitas cuarcíferas. Hay también zonas menores de gneis granitoide de grano medio con tabletas de feldespato-K hasta de 1 cm de largo. Más al sur en la faja hacia La Bonita las intercalaciones de tipo filíticas incluyen filitas de cuarzo fino; filita gris grafítica; filita psamítica; filita moscovítica; y metagrauvacas. También hay bloques rodados de metaconglomerado cuarcítico con escamas grafíticas.

En este sector sur de la faja donde afloran las filitas (arriba) hay sectores de plutones milonitizados. Uno es de composición granítica de grano medio, deformado selectivamente con zonas de gneis de ojos; mientras que el otro es una metadiorita/metagabro biotítico de original grano grueso.

También por este sector y por el norte hasta Sibundoy hay afloramientos de roca de cuarzo de falla. En ciertos lugares se puede ver una asociación de esta roca con zonas de milonita.

2.4.7 Faja de ortogneis La Bonita: aflora en las cercanías de La Bonita y consiste de un metagranito homogéneo de grano grueso y con porfiroblastos de biotita, igual en todo aspecto al ortogneis de Chingual.

2.4.8 Intrusivos menores tardíos: son prominentes en las fajas de Chingual y Sibundoy. Son de aplita, granito, pórfido y lamprófido. Son más concentrados en la faja de gneis y esquisto de Sibundoy donde los diques de granito o pórfido, hasta 15 m de espesor, son concordantes a la foliación gnéisica y tienen márgenes foliados y enfriados contra los gneises.

3. ESTRUCTURA Y METAMORFISMO

3.1 Zona de Ambuquí

Las secuencias negras y verdes de Ambuquí son de bajo grado de metamorfismo y contienen dos clivajes penetrativos (S1 y S2) y otros no-penetrativos más tardíos que forman pliegues menores verticales u horizontales. Por el corte de la carretera Panamericana las capas (So) y el primer clivaje (S1) son subparalelos. La segunda deformación (D2) forma el clivaje prominente asociado con pliegues menores con hundimientos no consistentes a causa del replegamiento vertical (D3). En las cuarcitas y cherts los pliegues D2 son de estilo paralelo.

Acercándose al contacto con los esquistos verdes los pliegues D2 son más apretados y la zona de contacto está identificada como una zona de arrastre D2 subvertical. Narices de pliegues D2 involucrando S0/S1 están truncadas a lo largo de este contacto. Se puede seguir este contacto tectónico al sur paralelo al rumbo de S2.

3.2 Zona de Pimampiro-Monte Olivo-Sigsigpamba

Por esta zona el rumbo general de 60° es una expresión de una segunda esquistosidad probablemente subparalela a S0 y S1. Se puede atribuir desviaciones de este rumbo a deformaciones tardías (D3). Un ejemplo de esto se encuentra por el camino a Monte Olivo donde D3 forma un pliegue de S0/S1/S2 con hundimiento al NE, pero sin clivaje penetrativo.

Hay zonas donde S2 cambia la dirección del buzamiento con un rumbo fijado. En un caso se puede demostrar que este fenómeno es una estructura en forma de abanico.

La foliación tectónica del ortogneis de Pimampiro se puede correlacionar con el S2 regional.

El metamorfismo de este sector puede ser que llegue a facies anfibolita. Hay texturas gnéisicas, megacristales de granate y la recristalización de hornblenda en el ortogneis de Pimampiro y unos bloques de anfibolita.

El contacto SE del ortogneis de Pimampiro se puede interpretar como una falla subparalela al rumbo regional.

3.3 Corte El Playón-La Bonita

Con excepción de las filitas por el sur de la faja Sibundoy (cerca de La Bonita) las rocas metasedimentarias (esquistos y paragneis) de este corte contienen dos esquistosidades penetrativas. La evidencia viene de:

(a) S2 penetrativa en los esquistos es planar axial a micropliegues de S1.

(b) En los paragneis D2 forma pliegues (con S2 planar axial) que afecta el bandeamiento del paragneis paralelo a vetillas de cuarzo.

Sin embargo, en las fajas de ortogneis hay una sola foliación tectónica la cual corresponde a S2 en las rocas metasedimentarias.

En las filitas cerca de La Bonita hay un solo clivaje penetrativo y es difícil decir a cuál le corresponde, S1 o S2 de la secuencia al Norte, y/o la foliación milonítica en los plutones cercanos. Una posibilidad es que S2 regional corresponde a S1 de las filitas y la estructura milonítica.

La estructura S2 domina por el corte. Es normalmente de rumbo NE y subvertical. Los minerales metamórficos porfiroblásticos (biotita, feldespato-K, hornblenda) son elongados/lineados a lo largo de ella. Hay ciertos afloramientos, que no parecen derrumbados, donde S2 es subhorizontal, lo cual se puede atribuir a una fase de deformación más tardía. También se encuentra evidencia por deformación más tardía en forma de crenulaciones horizontales.

El metamorfismo del sector El Playón-La Bonita se puede comparar con el del sector Pimampiro. No hay evidencia por más alto metamorfismo como fajas de gneis migmatítico.

4. CORRELACIÓN Y DISCUSIÓN

Las rocas metamórficas de Ambuquí y Pimampiro/Monte Olivo/Sigsigpamba son designadas como el Grupo Ambuquí (Baldock, 1982), y correlacionadas con rocas paleozoicas metamórficas en Colombia. Según los estudios de este proyecto se puede correlacionar las rocas de Ambuquí con la secuencia de colisión de Peltetec (Valle de Alao) de posible edad Mesozoica. Esta correlación está apoyada por el rumbo y sitio geográfico (al oeste de la Cordillera Real) y las litologías. Por Ambuquí la faja negra (con chert) y la faja verde tienen la misma relación espacial (verde Este de negra) como en Peltetec; sólo le falta las serpentinitas y espilitas (ofiolitas) entre las fajas. Se puede interpretar esta ausencia por el contacto tectónico visto en el campo.

En cambio, los esquistos de Pimampiro/Monte Olivo y Sigsigpamba corresponden litológicamente a los de Papallacta-Baeza, Río Mulatos y Baños-Río Topo por los cuales se puede proponer una edad Paleozoica (sin evidencia radiométrica). El "frente Baños", que divide este 'núcleo metamórfico' de la secuencia de colisión Mesozoica tendría que pasar entre Ambuquí y Pimampiro por donde hay un gran cambio de rumbo entre las dos secuencias.

Si las dos secuencias son de edades e historias geológicas diferentes, entonces no se podría correlacionar la historia estructural de Ambuquí hasta Pimampiro.

Se puede interpretar la secuencia El Playón-La Bonita como parte de la misma faja orogénica de los esquistos de Pimampiro/Monte Olivo/Sigsigpamba, sin necesidad de dividirlas en dos edades: Grupos Ambuquí y Cofanes (Precámbrico) (Baldock, 1982). Así los paragneis y esquistos forman las rocas encajantes de batolitos graníticos sintectónicos (syn-D2) manifestados como ortogneis. Por esta escena es posible que los batolitos formen por antiformas D2 y los metasedimentos por sinformas D2. El batolito de Chingual tiene una zona de contacto al NW de grano más fino y una zona de contacto hornbléndico al SE, lo cual se puede interpretar como una zona de asimilación o un intrusivo máfico más antiguo.

Se puede atribuir muchas teorías por la presencia de un solo clivaje en las filitas cerca de La Bonita.

5. GEOLOGÍA ECONÓMICA

5.1 Minerales metálicos

5.1.1 Cobre: Se ha notado pequeñas mineralizaciones de cobre alterándose a malaquita en un bloque del ortogneis de Pimampiro.

5.1.2 Cromo: El mineral fuchsita (moscovita de cromo) está presente en esquistos semipelíticos por el camino a Sigsigpamba.

5.1.3 Hierro y sulfuros: pequeños cristales de hematita fueron notados en bloques de pegmatita y en vetas de cuarzo asociadas con galena (5.1.5).

Concentraciones de sulfuros ocurren en la zona hornbléndica del contacto del ortogneis Chingual y en los esquistos verdes del camino a Monte Olivo.

5.1.4 Molibdeno: pequeños cristales hojosos de molibdenita, hasta 1 cm de ancho, se forman con sulfuros en láminas de menos de 1 mm dentro de una veta de cuarzo dentro de la zona hornbléndica de la faja ortogneis Chingual.

5.1.5 Plomo: se encuentra pequeña mineralización de galena en una intrusión concordante de granito moscovítico dentro de esquistos verdes y pelíticos por el camino a Sigsigpamba. Cristales de galena hasta 5 mm de largo fueron encontrados aislados en vetas de cuarzo de 2 cm de espesor. En otras vetas de cuarzo de 5 cm no había galena. Hematita también se forma en las vetas.

5.2 Rocas y minerales no metálicos industriales

5.2.1 Abrasivos: se encuentran granate y cianita en los esquistos, pero no en concentraciones de importancia económica.

5.2. Calcita: hay vetas pequeñas de calcita por el contacto con los esquistos verdes de Ambuquí.

5.2.3 Caolín: en el camino a Monte Olivo hay una zona caolinizada de un dique concordante adentro de esquistos verdes. El dique es de composición microfeldespática con un porcentaje bajo de cuarzo. Tiene un espesor de unos 40 m con unos 20 m de fuerte caolinización, y otros sectores de caolinización más liviana.

5.2.4 Cuarzo: por el camino a Sigsigpamba hay una veta de cuarzo de 3 cm de ancho que es bastante puro (cuarzo lechoso).

5.2.5 Grafito: el contenido de grafito en los esquistos y filitas carbonáceas no llega a tener interés económico.

5.2.6 Mica: hay placas de moscovita y biotita hasta 1 cm de ancho en bloques de material pegmatítico, pero no tienen importancia económica.

5.2.7 Piedra: algunos de los cuerpos metagranitoides (ortogneis) tienen potencial para piedra ornamental. Los más atractivos serían el ortogneis de Pimampiro y la zona de contacto hornbléndico de la faja Chingual. En los dos casos hay megacristales de hornblenda. También se puede considerar al extenso ortogneis de Chingual con sus megacristales de biotita. En un afloramiento grande de cascada se notaba diaclasas con rumbos 120° y 190° y distancia entre diaclasas de 10 hasta 150 cm.

5.2.8 Yeso: por el depósito de caolín (ver 5.2.3) hay también indicios de yeso que no tienen importancia económica.

5.3 Información local no probada

En un mapa "rústico" de la Parroquia de Sigsigpamba, el cual nos indicó el Sgto. Carlos Arciniegas, se señala la presencia de: vetas de oro (± 3900 msnm), una mina de mica, calizas de cemento, aguas minerales y "gas de uranio"; todos aparentemente cerca de San Francisco de Sigsigpamba. No hubo tiempo para visitar las localidades.

6. RECOMENDACIONES

Al momento presente las indicaciones de minerales de campo no tienen suficiente interés (cantidad y ambiente económico) para recomendar estudios más detallados. Esta primera impresión se podría cambiar cuando obtengamos los resultados geoquímicos.

7. REFERENCIAS

BALDOCK J. W. (1982) Geología del Ecuador, D.G.G.M., Quito.

FEININGER T. (1982) The metamorphic "basement" of Ecuador. Bull. Amer. Geol. Soc., Vol. 93, p. 87-92.

HERBERT H. (1983) Die Kristallinen Gesteine aus der nördlichen Hälfte des E-Kordillere Ecuadors. Geotekt. Forsch., Vol. 65, p. 1-77.

SALAZAR E., ESPINOSA P. y DASTE A. (1980) Breve explicación de la geología del mapa geológico de Ibarra (1:100000), D.G.G.M., Quito.

Dr. Martin Litherland Ing. Ramiro Bermúdez

PROYECTO CORDILLERA REAL

ADJ. dos (2) mapas geológico-estructurales
dos (2) mapas de ubicación de muestras petrográficas

INEMIN INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

No. 2658

QUITO, JUNIO 17, 1986

PARA	:	GERENTE TÉCNICO
DE	:	PROYECTO CORDILLERA REAL
ASUNTO	:	Informe Técnico de la comisión efectuada a Papallacta-Baeza del 2 al 6 de junio de 1986

SUMARIO:

El Proyecto de Investigación Geológica de la Cordillera Real, que se ejecutará con la Asistencia Técnica del Gobierno de Gran Bretaña, arrancó sus estudios de campo con la presente Comisión, para la cual se contó con la colaboración de dos profesionales que laboran en la Escuela Politécnica Nacional, uno de los cuales (Pablo Duque), anteriormente realizó estudios en esta zona. Así, se efectuaron varios recorridos Papallacta-Cuyuja-Baeza-San Francisco de Borja, observándose también rocas pertenecientes al Granito de Abitagua, al sur de Cosanga. Especial atención merecieron las rocas pertenecientes a la faja metamórfica, así como al aspecto estructural y a las facilidades de encontrar mineralizaciones que puedan resultar positivas (Geología Económica).

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivo

La presente Comisión que constituye la primera, tuvo por objetivo mantener un contacto directo con las unidades metamórficas aflorantes en el área; a fin de unificar criterios con relación a la nomenclatura, descripción y metodología de trabajo a ser utilizada en los siguientes cortes a través de la Cordillera Real.



1.2. Personal asignado
La Comisión contó con el siguiente personal: Ings. Ramiro Bermúdez y Francisco Viteri, Contraparte Nacional (INEMIN); Drs. Martin Litherland y John Aspden, Misión Británica (ODA); e Ings. Pablo Duque y Arturo Egüez, Escuela Politécnica Nacional. Como medio de transporte se utilizó los jeeps pertenecientes a la Misión.

1.3 Aspectos geográficos

1.3.1 Localización: el área objeto del presente informe, se encuentra localizada en el noroccidente del Oriente Ecuatoriano, aproximadamente a 94 km al este de la ciudad de Quito. Se halla enmarcada en las siguientes coordenadas:

Longitud	:	77° 50’	y	78° 10’	W
Latitud	:	00° 28’	y	00° 20’	S

1.3.2 Clima y vegetación: el clima y la vegetación están en relación directa con las cotas del sector. Éstas fluctúan entre 3000 msnm (Papallacta), hasta 1900 msnm (Baeza), existiendo una variación desde clima templado, a subtropical, con temperaturas que varían entre 10° y 15°, aproximadamente. La vegetación está en relación con el clima; en el templado existe una exuberante vegetación de tipo selvática no tropical, y en el clima subtropical existe la “selva alta” con grandes árboles.

1.3.3 Hidrografía: el Río Papallacta que corre de este a sureste, luego de la confluencia con el Río Quijos, toma este nombre constituyendo los principales ejes fluviales del área. Estos ríos nacen en los páramos del Antisana (5705 msnm), para luego circular por los flancos norte y oriental del nevado.

Los principales tributarios de la margen izquierda de oeste a este son: Río Chalpi, Río Cuyuja, Río Victoria, Río Jatuntinagua, Río Paradalarga y Río Sardinas Chico. Los de la margen derecha son: Río Taminguín, Río Blanco, Río Quijua, Río Huagrayacu y Río Machángara.

1.3.4 Población: la zona pertenece a la Provincia de Napo, Cantón Quijos, cuya capital es la ciudad de Baeza, abarcando dos parroquias: Papallacta y San Francisco de Borja. La mayoría de la población está dedicada a labores agrícolas y ganaderas.

1.3.5 Vías de comunicación: el área de estudio dispone de la carretera Quito-Pifo-Papallacta-Baeza-El Chaco, que constituye una de las principales vías de penetración al Oriente Ecuatoriano. Actualmente se halla en ejecución la vía Pifo-Papallacta (40 km); con variantes importantes en su trazado, y que pasará a constituir una carretera de primer orden. Helipuertos de las Compañías Petroleras existen en Papallacta y Baeza.

1.3.6 Usos del suelo: en el área un alto porcentaje del suelo está dedicado a labores agrícolas, sobre todo en los sectores rurales, donde existe una mayor concentración de la población económicamente activa. En los sectores donde afloran las rocas volcánicas, metamórficas o intrusivas, éstas son utilizadas en el mantenimiento y afirmado de las vías.

Un depósito pequeño de travertino (a 2.4 km de Baeza), que se explota en forma artesanal, es calcinado en hornos para obtener cal viva (CaO).

1.3.7 Industrias: las industrias ganadera y agrícola constituyen una fuente importante para el desarrollo de este sector. El turismo ocupa un lugar preponderante; en la zona tenemos la Laguna de Papallacta y las piscinas de agua temperada que constituyen el principal atractivo turístico. Además, desde la carretera puede admirarse el Volcán Antisana. (5705 msnm).

1.4 Trabajos anteriores

La geología de la carretera Papallacta-Baeza, ha sido estudiada por Colony y Sinclair (1932), Bamba y Herrera (1965), Sauer (1965), Trouw (1976) y Herbert (1977, 1983), quienes dan resúmenes de la zona.

1.5 Metodología de trabajo

- Se utilizaron las hojas Papallacta (censal), 1:50000 del IGM, 1973, y la hoja de Baeza (topográfica), 1:10000 (zona del corte), hoja preparada por el INEMIN, 1983.
- Fotografías aéreas que cubren el corte 1:40000 y 1:60000.

Así se empleó la siguiente metodología de trabajo:

- Observaciones geológicas "in situ".
- Estudio de las estructuras presentes.
- Descripción de las rocas (macroscópica).
- Recolección de muestras petrológicas (30), para su análisis.

1.6 Geomorfología

El corte (3) Papallacta-Baeza, se halla localizado en la zona alta de la Cordillera Real, con altitudes que sobrepasan los 3500 msnm, con fuertes pendientes y quebradas profundas; y otra zona con pendientes moderadas (Cuyuja-Baeza-San Francisco de Borja), que prácticamente constituye las estribaciones orientales de la Cordillera.

2. LITOLOGÍA

2.1 Introducción

La litología de la zona comprende rocas metamórficas denominadas Complejo Metamórfico, rocas sedimentarias sin metamorfismo de la Formación Tena (Cretácico), una intrusión subvolcánica de posible edad Jurásica, y una cobertura volcánica no-metamorfizada de edad Cenozoica. También hay depósitos aluviales recientes los cuales no se indican en el mapa.

El Complejo Metamórfico, como ha sido denominado aquí, es un término litológico e incluye rocas "semimetamórficas" denominadas Grupo Margajitas, en varios mapas geológicos de la faja Subandina. Según Feininger (1975), y Trouw (1976), la edad del Complejo es Cretácica, pero otros autores (Sauer, 1965; Baldock, 1982), la denominan como Paleozoica, con posibles relictos precámbricos. El establecimiento formal de unidades litoestratigráficas, ej. como Trouw (1976), dentro del corte Papallacta-Baeza, es una violación a las reglas de clasificación litoestratigráfica (Hedberg, 1976). Hasta que haya suficientes estudios geológicos, estructurales y geocronológicos para determinar una columna estratigráfica, hay que utilizar nomenclatura informal. En el caso de la Cordillera Real, el término "Complejo", es apto para comprender todas las rocas metamórficas en el nivel presente de estudio.

2.2 El Complejo Metamórfico

Desde Baeza hasta Papallacta, la mayoría de los afloramientos por la carretera presentan un aspecto semipelítico y metavolcánico de bajo grado de metamorfismo (facies de esquistos verdes). En el mapa adjunto, están subdivididos por composición litológica con símbolos que identifican rocas ultrabásicas, calcáreas, psamíticas, pelíticas, carbonáceas, calco-magnesianas y granitoides con el prefijo X (= Complejo Metamórfico). Solamente por Baeza se ve claramente la estratificación original (capas), mientras estructuras sedimentarias útiles para determinar el orden de deposición, están ausentes.

2.2.1. Rocas ultrabásicas: Pablo Duque nos informó que había rodados de serpentinita en el Río Chalpi. Según Colony y Sinclair (1932) hay un afloramiento de serpentinita a 2 km de Baeza en el Río Quijos, pero no lo pudimos encontrar, aunque vimos bloques rodados de serpentinita por la misma zona del río.

A 7 km al este de Papallacta, por la carretera, hay bloques rodados por un arroyo de un esquisto ultramáfico con granate. No tuvimos tiempo de buscar la serpentinita reportada por Bamba y Herrera (1965), al oeste de Papallacta.

2.2.2 Rocas calcáreas: Calizas negras metamorfizadas de grano fino son prominentes en los Ríos Machángara y Paradalarga, cerca de Baeza. Con vetas de calcita o de cuarzo.



2.2.3 Rocas psamíticas: De Papallacta a Baeza son comunes las intercalaciones de ortocuarcitas blancas, esquistos de cuarzo y albita y esquistos silíceos en rocas más pelíticas del Complejo. Sin embargo, estas bandas o laminaciones no llegan a dominar la litología total del afloramiento, con la excepción de una sola a 10 km de Baeza. Entre Cuyuja y Papallacta hay afloramientos y rodados de rocas de grano medio a grueso, más granoblásticas, que llevan cuarzo azul y algunos feldespatos. El pueblo de Papallacta tiene buenos afloramientos de esta roca donde han identificado sillimanita (Pablo Duque).

2.2.4 Rocas carbonáceas: esquistos grafíticos son comunes en el trayecto entre Cuyuja y Baeza, intercalados con la secuencia semipelítica.

2.2.5 Rocas pelíticas: éstas comprenden la mayoría del corte, aunque hay una variación del contenido de cuarzo. Cerca de Baeza hay filitas aluminosas de casi pura moscovita. Hacia el oeste, hay filitas verdes-grises de cuarzo, clorita y albita, que llevan clastos volcánicos muy atenuados a lo largo de la esquistosidad. Hacia Papallacta las rocas dominantes consisten de esquistos de cuarzo, albita, moscovita, ± clorita, ± cloritoide, ± biotita, ± epidota, ± sulfuros; con raros desarrollos de granate y cianita. Los colores varían de gris pálido a verde pálido; y el tamaño de grano va de fino a medio.

2.2.6 Rocas calco-magnesianas: cerca de Papallacta hay un afloramiento de anfibolita feldespática de grano fino a medio, con un espesor de no más de tres metros. También existen rodados de anfibolita de grano fino a 7 km de Papallacta. En el Río Sardinas Chico, al norte de Baeza, hay rodados de anfibolita con bandas de grano fino y grueso de origen ígneo.

2.2.7 Rocas granitoides: al oeste de Cuyuja, se encuentran afloramientos y rodados de un gneis tipo granitoide, intercalado con gneises feldespáticos más aluminosos de tipo paragneis.

2.3 Intrusivos granitoides

Por el oeste del camino a Cosanga, al sur de Baeza, existen cerros de un pórfido, granitoide intermedio en composición con biotita y hornblenda. Al sureste fuera del mapa, pasando por Cosanga y por el camino a Tena, estudiamos afloramientos del Granito de Abitagua: un granito rosado pálido de grano medio con fenocristales de feldespato blanco. Existen xenolitos orientados de grauvaca y caliza. El granito de Abitagua tiene edades por K-Ar de 178 ± 7 Ma (Hedberg, 1977) y de 87 ± 7 Ma (Kennerley, 1980); y por Rb-Sr (tres puntos) a 173 ± 5 Ma (Hall y Calle, 1982), dando una edad Jurásica para el granito.

2.4 Formación Napo

Por el mismo camino a Cosanga hay afloramientos intemperizados de lutitas grises obscuras con bandas de cuarcita pálida; las cuales son asignadas a la Formación Napo.

2.5 Cobertura volcánica

Estas rocas de edad Cenozoica fueron notadas, pero no estudiadas. Se encuentran afloramientos en el Río Quijos cerca de Baeza. Entre la boca del Río Huagrayacu y Cuyuja, rocas volcánicas formaron el escarpe al sur del Río Quijos-Papallacta y posiblemente sigue hasta Papallacta, mientras al norte aflora el "Complejo Metamórfico". Esta distribución es diferente al patrón de las hojas 1:100000 de INEMIN no publicadas de Baeza y Píntag.

2.6 Intrusiones menores

Vetas de cuarzo están ubicadas en los esquistos del Complejo Metamórfico. Son de cuatro épocas sintectónicas a D1, D2, D3 y por fracturas tardías. Es decir que hay vetas a lo largo de S1, S2, S3 y cortando S3. Las que van a lo largo de S3 llegan a 50 cm de espesor y contienen en lugares megacristales de cianita azul y cloritoide. Hay bloques rodados de cuarzo de veta hasta un metro de ancho. La pirita es común en las vetas de cuarzo. Tres kilómetros al oeste de Baeza hay vetillas pegmatíticas por S1 y S2 y vetillas de calcita. En las calizas cerca de Baeza hay vetas de cuarzo y calcita.

3. ESTRUCTURA

3.1 Introducción

Se han identificado hasta cuatro fases de deformación D1 a D4 en el "Complejo Metamórfico", seguidos por fallamiento. D1 a D3 formaron foliaciones penetrativas. Los elementos estructurales de cada fase de deformación son S1 a S3 (esquistosidad/ foliación) ploteados en el mapa, y acompañados por L1 a L3 (lineaciones).

3.2 Deformación D1

Se nota claramente el clivaje S1 por los alrededores de Baeza donde S2 es solamente una crenulación y S3 está ausente. Relaciones con la estratificación primaria (capas), indican que no hay deformaciones anteriores. S1 es penetrativa y definida por la elongación de cuarzo, la alineación de micas y vetas de cuarzo. Pliegues de D1 no han sido notados, aunque en Papallacta hay evidencia de estructuras de interferencia D1/D2.

3.3 Deformación D2

Por Baeza S2 forma un clivaje de crenulación vertical prominente, planar axial a pliegues con un sentido de virgación hacia el este. Hacia el oeste por donde la carretera cruza el Río Quijos hay bloques en donde los planos S2 son más cercanos dejando S1 como microcrenulaciones. Por el resto de la carretera hasta Papallacta, S2 es esencialmente penetrativa, aunque en algunos lugares se nota microcorrugación de S1. Aparte de la zona de Baeza, pliegues de D2 en una escala más grande de microcorrugaciones son escasos.

3.4 Deformación D3

Al punto donde S2 forma una foliación penetrativa (ver los esquemas estructurales en el mapa), se entra S3 en la secuencia tectónica como un clivaje de crenulación hundiéndose al este con pliegues suaves de dos metros de amplitud, con hundimientos suaves (L3). Por la unión de los Ríos Quijos y Papallacta, hay una transición bien clara de S3 (crenulación) a S3 (penetrativa), por donde S2 está plegado en forma más apretada. Luego sigue la "zona plana" de S3 penetrativa con buzamientos suaves seguida por una zona más parada que empieza por Cuyuja. El rumbo de S3 por la última zona es transandino (NW-SE), con un buzamiento de 45° al SW. Por el Río Chalpi hasta Papallacta parece que S3 vuelve a un clivaje de crenulación con buzamiento al oeste y con pliegues con sentido de virgación hacia el este.

3.5 Deformación D4

Ésta forma pliegues suaves con hundimientos leves de más de 100 m de amplitud, plegando S3 por la "zona plana" con ejes moderados de rumbo NE-SW. No se han notado los efectos de D4 por la zona de S3 más parada.

3.6 Fallas y diaclasas

Una zona de falla fue notada: consiste de una brecha de bloques de esquisto grafítico desorientados en una matriz de grafito-cuarzo. Las otras fallas en el mapa están inferidas. Las diaclasas son prominentes en algunos lugares; también fueron observados espejos de fricción.

4. METAMORFISMO

Según Pablo Duque, el metamorfismo del "Complejo Metamórfico" llega hasta el tope de la facies de esquistos verdes, con la excepción de las rocas de Papallacta que contienen sillimanita de metamorfismo regional, de grado alto. Herbert (1983), y Trouw (1976), también colocan las rocas en la facies de esquistos verdes, y el ensamblaje: cuarzo + moscovita + albita ± clorita ± cloritoide, es el más típico de la travesía. Las anfibolitas que encontramos contienen hornblenda, pero probablemente de retrogresión de piroxeno ígneo.

Las tres esquistosidades penetrativas demuestran la superposición de etapas metamórficas con referencia a minerales micáceos. Los últimos cristales de cianita son prominentes en vetas de cuarzo a lo largo de S3 penetrativa. Los gneises (orto- y para-) probablemente representan la llegada de la facies anfibolita.

5. CORRELACIÓN

Sería muy prematuro correlacionar las rocas del Complejo Metamórfico, porque no hay datos para justificarlo. Sin embargo, vale anotar que el "cambio" al oeste de Baeza de rocas llamadas Grupo Margajitas a las del Complejo Metamórfico, no es algo claro (las calizas desaparecen). En el Complejo Metamórfico hay dos refoliaciones que destruyen la evidencia de estratificación y ésta puede ser la mayor diferencia.

No hay correlación en el esquema tectónico de Trouw (1976), quien notó la foliación penetrativa como S1, sin darse cuenta de que esta foliación cambia por S1 a S2 y a S3 por la carretera.

6. DISCUSIÓN

El Complejo Metamórfico es una secuencia original semipelítica/volcánica sin horizontes índices útiles para la correlación y la construcción de una columna estratigráfica. Además, en su mayor parte la estratificación original fue destruida por refoliaciones tectono-metamórficas. Sin control estratigráfico, tratamos de obtener el control tectónico de cuatro fases de deformación. Esto demuestra (ver mapa) la existencia de un régimen tectónico horizontal (D3) plegado por D4 en forma de una posible antiforma. Existe la posibilidad de que D3 fuera una fase de sobrecorrimiento de flujo donde hay una foliación penetrativa seguida a niveles más altos por estructuras de crenulación.

La importancia regional de esta estructura horizontal de D3, se puede definir por los otros cortes de la Cordillera Real que van a hacer este Proyecto.

La secuencia tectónica "orogénica" identificada todavía no tiene edad. Si existe el Grupo Margajitas por Baeza, como edad Cretácica, es posible interpretar una secuencia tectónica superpuesta por la S1 de esta zona, y apoyando la teoría de Feininger (1975) de una orogenia del fin o post-Cretácico.

7. GEOLOGÍA ECONÓMICA

7.1 Minerales metálicos

7.1.1 Oro: hay trabajos aluviales recientes de oro en el Río Sardinas Chico.

7.1.2 Cobre: un bloque pequeño de cuarzo de veta en el Río Sardinas Chico muestra azurita.

7.1.3 Hierro: el mismo bloque (7.1.2) muestra hematita. Sulfuros dominados por pirita están ubicados en el Complejo Metamórfico y forman cristales euhedrales de hasta un centímetro de ancho, especialmente en cavidades asociadas con vetas de cuarzo.

7.1.4 Plomo: hay una ocurrencia de plomo en la zona del Río Sardinas Chico en el mapa índice de Minerales Metálicos (INEMIN, 1985). Una muestra de Colony y Sinclair (1932), de un esquisto (de 17 km al este de Papallacta), contiene sulfuros con galena.

7.2 Rocas y minerales no-metálicos industriales

7.2.1 Grafito: hay dos ubicaciones en el mapa donde el esquisto grafítico domina el conjunto. Pero en ninguna hay contenidos grafíticos de interés económico.

7.2.2 Cianita: la cianita está mejor desarrollada en vetas de cuarzo con cristales hasta de 5 cm de largo, pero la cianita tiene poca abundancia.

7.2.3 Travertino: la ocurrencia en el mapa consiste de un afloramiento del Complejo Metamórfico completamente carbonatizado, de cinco metros de espesor, y preservando las estructuras originales de pliegues. Hay un horno cerca para procesar el travertino.

7.3 Materiales de construcción

Hay una abundancia de materiales para uso de ripio y agregado. No vimos materiales aptos para piedra ornamental.

7.4 Aguas termales

No fueron visitadas las aguas termales de Papallacta.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El estudio nos ha orientado a una sección tipo del Complejo Metamórfico, mostrando las dificultades de análisis estratigráfico y la complejidad estructural. Una nueva interpretación tectónica ha sido presentada con posibilidades de sobrecorrimiento regional.

En comisiones posteriores, una brigada del Proyecto deberá sacar las muestras geoquímicas por la carretera Papallacta-Baeza, y estudiar otro corte por el contacto Margajitas/“Complejo Metamórfico”, e investigar el potencial económico de esta zona que parece muy productiva.

9. REFERENCIAS

BAMBA T. y HERRERA J. I. (1965) Mapa geológico de la Carretera Quito-Papallacta-Borja. Perfil geológico de los Andes Ecuatorianos. (no publicado).

BALDOCK J. W. (1982) Geología del Ecuador. DGGM, Quito.

COLONY R. J. y SINCLAIR J. H. (1932) Rocas ígneas y metamórficas del Ecuador Oriental. Annals New York Acad. Sci. Vol. XXXIV.

FEININGER T. (1975) Origin of Petroleum in the Oriente of Ecuador. American Association Pet. Geol. Bull. 59, 1166-1175.



HALL M. L. y CALLE J. (1982) Geochronological control for the main tectono-magmatic events of Ecuador. Earth-Sci. Rev. 18, pp. 215-239

HEDBERG H. D. (1976) International Stratigraphic Guide. Int. Subcomm. Strat. Classification, IUGS. Comm. Strat. Wiley, New York.

HERBERT H. J. (1977) Petrochemie und Ausgangmaterial von Grünschiefern aus des E-Kordillere Ecuadors. Forschr., Mineral., 55, 1.

HERBERT H. J. (1983) Die Kristallinen Gesteine aus der nördlichen Hälfte des E-Kordillere Ecuadors. Geotekt. Forsch., 65, 1-77.

KENNERLEY J. B. (1980) Outline of the Geology of Ecuador. Overseas Geol. Min. Resour., Institute of Geological Sciences., 55, 20pp.

SAUER W. (1965) Geología del Ecuador. Editorial del Ministerio de Educación, Quito, 383 pp.

TROUW R. (1976) Cuatro cortes por la faja metamórfica de la Cordillera Real, Ecuador. Bol. Cient. Esc. Sup. Pol. Litoral, Guayaquil, Ecuador, 40 pp.

NOTA: adjunto mapa geológico estructural

PROYECTO CORDILLERA REAL

Dr. Martin Litherland Dr. John Aspden

MISIÓN BRITÁNICA

Ing. Ramiro Bermúdez Ing. Francisco Viteri

INEMIN

INEMIN INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

No. 5045

QUITO, NOVIEMBRE 14, 1986

PARA : GERENTE TÉCNICO

DE : ING. RAMIRO BERMÚDEZ y DR. MARTIN LITHERLAND

ASUNTO : Informe Técnico de la comisión efectuada al corte 4: Salcedo-Tena, del 6 al 22 de octubre de 1986.

SUMARIO:

El Proyecto Cordillera Real que se ejecuta con la cooperación técnica de la Misión Británica, efectuó la presente comisión a fin de continuar con los cortes establecidos en la programación anual de actividades; así el corte 4 perteneciente a la geotravesía Salcedo-Tena, se cumplió en su totalidad.

El objetivo de la comisión fue, a través del corte Salcedo-Tena (± 40 km), estudiar las rocas metamórficas e ígneas de este sector de la Cordillera, ya en su aspecto geológico-estructural, como una exploración inicial del posible potencial económico de estas rocas. Las rocas de manera general pertenecen a esquistos, gneis, lavas, metalavas, rocas carbonatadas y rocas intrusivas (Granito de Abitagua), etc.; se debe acotar que la mayoría pertenecen a grandes bloques rodados localizados en el lecho de los Ríos Anatenorio, Mulatos y sus tributarios; afloramientos "in situ" se localizaron de manera muy esporádica.

Cabe recalcar que este cruce – con una distancia total de ± 50 km hasta Shandía – por lo difícil y laborioso, se empleó 13 días, que gracias a la gente que nos acompañó logramos vencer los obstáculos que se presentaron a lo largo de la travesía. De manera que sus jornales fueron ciento por ciento merecidos, y para la Brigada No. 1, constituyó una "prueba de fuego", de la cual logramos salir avantes a pesar de las limitaciones logísticas con las que contamos.

Se recolectaron ± 50 muestras para su estudio petrográfico y 22 para geoquímica correspondientes a fluviales (12) y a pesados (10).

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivos
A través de los cortes programados, continuar con el estudio de las rocas metamórficas, semimetamórficas (?) e ígneas, de la Cordillera Real.

1.2. Personal asignado

Brigada No. 1, conformada por:

Ing. Ramiro Bermúdez A.	(INEMIN)
Dr. Martin Litherland	(ODA)
Sr. Alfonso Vaca	(conducción y mantenimiento del vehículo/INEMIN)

Como transporte se utilizó el Jeep Land Rover AT-0068, perteneciente a la misión.

1.3 Aspectos geográficos

1.3.1 Localización: el corte 4 Salcedo-Tena, se encuentra al sureste de la Capital, aproximadamente a 90 km (Salcedo); de aquí 60 km hacia el este, sector Las Carmelas (2850 msnm) donde termina la carretera Salcedo-Pano, entre las provincias de Cotopaxi y Napo. Enmarcado entre las siguientes coordenadas:

Longitud	:	78° 18'	y	78° 02'	W
Latitud	:	00° 59'	y	01° 05'	S

1.3.2 Clima y vegetación: parámetros que están en relación directa con las cotas del área, a más de la configuración morfológica que también incide en el clima como en la vegetación, así: la región entre Las Carmelas (2850 msnm) y el sector Tambo de los leones (3150 msnm) tienen un clima temperado Andino a frío, con precipitaciones y vientos. Las estribaciones de la Cordillera: Río Zapalá (2330 msnm) a el Río Katachi (920 msnm) tienen un clima templado a subtropical.

La vegetación guarda íntima relación con el clima: en las zonas altas existen pajonales, chaparros; en las zonas más bajas existen cultivos de papas, cebada, etc. La zona subtropical, está cubierta de grandes bosques y de una variedad de flora subtropical.

1.5 Hidrografía: los principales ejes hidrográficos constituyen los Ríos Anatenorio y Mulatos.

El Río Anatenorio que nace en las alturas de la Cordillera Real ± 3800 msnm (sector Lagunas Uspasacha, Anteojos, etc.) corre en sentido este-noreste, recibiendo como tributario al Río Langoa, que corre en sentido este-sureste, para formar el Río Mulatos, que en su mayor parte es un río torrentoso y muy quebrado, recibiendo los siguientes ríos como tributarios: margen izquierda: Zapalá, Tigre, Niágara Chico, Niágara Grande, Negro, Katachi; y en la margen derecha al Río Yarapo, más abajo al Río Verdeyacu, juntos pasan a formar el Río Jatunyacu.

1.3.4 Población: los habitantes del sector Tambo de los leones-Las Carmelas que son pocos (colonos), están dedicados a la agricultura y ganadería y en forma esporádica a trabajos en la Cooperativa Salcedo-Napo (construcción camino vecinal, desbroce de la vegetación, etc.). Entre el km-60 y el Cable de INECEL, a más de los animales del monte, no existen colonos en la zona; por lo que el tramo está totalmente aislado y en la mayor parte nos acompañó el ruido de la jungla y del Río Mulatos.

1.3.5 Vías de comunicación: la Panamericana Sur (vía de primer orden) Quito-Salcedo, 120 km, constituye el enlace a la zona, de aquí existen 60 km hasta el sector Las Carmelas, donde termina esta vía de segundo orden, lastrada en su mayor parte, que se encuentra en condiciones regulares sobre todo en la zona de páramo.

De aquí para el cruce km-60 al Cable de INECEL, existe una trocha que en los primeros tramos no es "limpia"; la mayor parte del cruce se lo realizó a través del lecho del Río Mulatos.

Cruzando el Río Jatunyacu, se coge la vía El Pano-Tena. El regreso a la capital, se lo hizo por la carretera Tena-Baeza-Papallacta-Quito; vía muy utilizada para la entrada y salida al/del Oriente.

1.3.6 Usos del suelo: un porcentaje de los suelos están dedicados a labores agrícolas y ganaderas (km-60, Las Carmelas). El resto permanece todavía virgen; además, la mayor parte se halla afectada por fenómenos geodinámicos.

1.3.7 Industrias: debido a la falta de vías de penetración las industrias están totalmente ausentes de este sector (km-60 al Cable de INECEL).

1.4 Trabajos anteriores

- Sauer W. (1965) realizó una descripción de la geología de: Río Mulatos-Langoa y Zapalá
- Guzmán J. y León J. (1982) Hoja geológica San José de Poaló. No publicada.

1.5 Metodología de trabajo

Se utilizaron las siguientes bases cartográficas:

- Hoja topográfica de Laguna de Anteojos, escala 1:50000 editada por el IGM.
- Hojas planimétricas de Chalupas (152) y Río Mulatos (160), escala 1:50000, preparadas por el IGM, para el Censo de Población y Vivienda de noviembre de 1973.
- Fotografías aéreas que cubren la zona, escala 1:40000 y 1:60000.

Se utilizó la siguiente metodología:

- Observaciones geológicas
- Estudio de las estructuras
- Recolección de muestras para estudio petrológico (± 50)
- Muestreo de sedimentos pesados (10) y fluviales (12)

1.6 Geomorfología

El área estudiada se caracteriza por ser una zona con pendientes fuertes y quebradas profundas que dificultan su ascenso y descenso (Gallourco, 2800 msnm); pendientes moderadas a suaves (Cable de INECEL, 920 msnm – Shandía). Debido a que el 90% del cruce se lo realizó por el lecho del Río Mulatos, las dificultades y la geomorfología del área, día a día eran más notorias, con caídas, encañonados y peñas que nos restaban horas en el día y que fueron minando las energías físicas.

2. GEOLOGÍA

2.1 Introducción

El Río Mulatos parece como típico de los ríos que bajan de la Cordillera Real al Oriente, cuanto por las dificultades físicas como por las dificultades geológicas. Es decir, los estudios geológicos comprenden la ubicación y análisis de afloramientos en sitio o casi en sitio (derivados visiblemente de derrumbes de los flancos); y estudios de bloques rodados exóticos. Los bloques exóticos comprenden litologías que no afloran por la travesía, y un deber importante para el geólogo de campo es buscar el nacimiento de esos bloques, es decir examinar los bloques rodados en los confluentes para identificar de donde vienen los bloques exóticos.

En esta descripción de la geología del Río Mulatos el corte está dividido entre el Complejo Metamórfico y el Complejo no-Metamórfico por el oeste y este de la travesía respectivamente. Los bloques rodados exóticos metamórficos y no-metamórficos merecen también descripciones aparte.

Esta descripción de la geología se realizó sin apoyo de análisis de láminas delgadas.

2.2 El Complejo Metamórfico in situ

2.2.1 La zona del Río Anatenorio: ésta comprende los afloramientos del Complejo Metamórfico por el camino al lado del Río Anatenorio hasta su unión con el Río Langoa para formar el Río Mulatos. Por esta zona el Complejo Metamórfico aflora como una ventana en el fondo del valle, bajo las lavas cenozoicas.

Las rocas metamórficas comprenden cuarcitas finas bandeadas, vidriosas (especialmente cerca de la unión con el Río Langoa); esquistos de cuarzo de grano grueso, cuarcitas granatíferas grises vidriosas y rocas de tipo metapsamítica. También hay esquistos pelíticos con moscovita y biotita (± granate, ± cloritoide); esquistos grafíticos y esquistos verdes (¿metatobas?) (cuarzo-clorita-albita-cloritoide-epidota). Hay rocas metamórficas verdes-grises más masivas de grano fino a medio que llevan cuarzo, feldespato, clorita, biotita y granate y que probablemente son derivados de intrusivos básicos a intermedios en composición pre- o sin-tectónica. También se han visto pequeñas bandas de anfibolita intercalada con cuarcita y esquistos de cuarzo y granate. Esta asociación indica un origen sedimentario (para-anfibolitas). Los gneis de este sector son dominantemente cuarzosos y típicamente con ojos de cuarzo azul-gris que llegan hasta 10 cm los de mayor dimensión, con ojos de feldespato menores. Hay también gneises granitoides.

2.2.2 La faja de esquistos y paragneises semipelíticos: de la Cueva de Langoa hasta los afloramientos de gneis milonítico e intrusión calco-alcalina, los afloramientos del Río Mulatos comprenden rocas semipelíticas. Al principio hay esquistos y luego gneises esquistosos. Las rocas demuestran su origen sedimentario (paragneis) por su contenido alto de moscovita, biotita y granate y por sus intercalaciones de esquisto de cuarzo y esquisto grafítico. Hay bloques rodados de gneis granatífero con un alto contenido de granate hasta 1 cm de tamaño que pueden ser derivados de este sector. Lavando los ríos en esta zona, los minerales pesados tienen un gran contenido de granate.

2.2.3 La faja de gneis milonítico y ortogneis: en esta zona del Río Mulatos los afloramientos comprenden gneis milonítico y rocas intrusivas plutónicas con o sin deformación (ortogneis).

Los gneises miloníticos tienen una fábrica tectónica fuerte en muchos lugares y en los bloques hay ojos feldespáticos, hasta 1 cm de tamaño, que demuestran un crecimiento sintectónico con rotación en forma de "Z" o "S". Son los catacristos (cristales porfiríticos rotados y crecidos por milonitización) de las milonitas. En composición la mayoría parecen paragneises por su contenido de biotita y moscovita y en un bloque se ha visto una banda de chert bandeado de 5 cm de espesor. Sin embargo, hay también bloques de gneis milonítico de composición cuarzo-plagioclasa (epidotizada)-biotita, los cuales son ortogneises derivados de los intrusivos calco-alcalinos (ver abajo).

Los ortogneises del conjunto calco-alcalino de esta faja aparecen en afloramientos y grandes bloques que entran en el Río Mulatos por la altura del Río Zapalá, más arriba de la faja de afloramiento en el mapa. En este sitio y en bloques hay una mezcla de composiciones que incluyen: gabro, dolerita, diorita, monzonita, tonalita y granito. Lo más común es diorita-tonalita con xenolitos máficos y vetas plagioclásicas epidotizadas (± granate) hasta 10 cm de espesor que cruzan los xenolitos y la fábrica tectónica. Algunos bloques de esta composición son de ortogneis biotítico-hornbléndico con fábrica tectónica, mientras que otros no tienen deformación ni metamorfismo (pero con las vetas epidóticas). Los bloques gneisificados son marcados por vetas de calcita-cuarzo-biotita-sulfuros que siguen a la foliación tectónica.

Para los otros tipos de composición, bloques de dolerita (no deformados) son escasos; hay bloques de metagabros y un gabro de hornblenda porfirítica redonda. Hay grandes bloques de monzonita leucocrática con y sin deformación y bloques de granitos no deformados de tipo aplogranito (grano medio), granito de grano grueso y granito con pórfidos de feldespato-K rosado.

2.3 El Complejo Metamórfico en bloques exóticos

Este comprende litologías de bloques que no se encuentran 'in situ' en los Ríos Mulatos y Anatenorio. A ellos se los puede dividir entre el conjunto exótico (ver mapa) y otros bloques exóticos.

2.3.1 Los bloques del conjunto exótico

2.3.1a Rocas calco-silicáticas pálidas: estas forman una gran parte del conjunto exótico. Normalmente son de color rosado-verde moteado. El rosado representa la roca original dolomítica?, el verde la etapa de epidotización y formación de minerales metamórficos calco-silicáticos. Esta roca está intercalada con cherts (blanco-gris); metatobas? calcáreas laminadas verde obscuras, con fragmentos elongados de cuarzo y feldespato; bandas de para-anfibolita oscura hasta 5 cm de espesor y bandas ferruginosas. Hay también bloques de caliza pálida. En algunos bloques, cristales metamórficos de anfíbol negro crecen hasta 1 cm de largo en una matriz de carbonato.

En los bloques se nota una autobrechación primaria probablemente relacionada con la etapa de epidotización e introducción de magnetita. Luego vienen vetas de calcita, hasta 10 cm de espesor, para formar estructuras agmáticas. Algunos bloques o sectores de bloques son gneisificados con vetas de calcita paralelas a la foliación gnéisica. En las vetas de calcita se encuentra anfíbol obscuro asbestiforme, cuarzo, sulfuros y magnetita.

2.3.1.b Rocas calco-silicáticas obscuras?: éstas comprenden rocas de grano fino a grueso, pesado, con anfíbol obscuro y una abundancia de granate (hasta 30%), y en muchos casos con epidota, sulfuros y magnetita. Algunos tienen un aspecto de eclogita.

Muchas de las muestras contienen magnetita lo cual puede contribuir a que las rocas tengan peso elevado. Muchas tienen sulfuros diseminados que dan un lustre metálico gris-plomoso a los bloques que llama la atención

2.3.1.c Metalavas: Hay bloques de rocas gris-verde obscuras de grano fino que tienen una composición basáltica con cristales euhedrales de plagioclasa, alterados en ciertos bloques a epidota. En algunos casos hay bandas de material epidótico brechado (probablemente de una veta feldespática original). En los ejemplos más epidotizados hay muchos sulfuros que dan un lustre metálico gris-plomo a los bloques. Había un bloque de esta litología con estructuras parecidas a almohadillas.

2.3.2 La derivación del conjunto exótico

Por el Río Mulatos abajo hay bloques escasos del conjunto exótico (metalavas y anfibolita granatífera) antes del Río Zapalá, pero el conjunto completo (con la parte calco-silicática) se desarrolla a la altura de un río (sin nombre) que entra al lado occidental entre el Río Zapalá y Tigre. Más al sur, los Ríos Tigre, Niágara Chico y Niágara llevan bloques del conjunto. Aunque no tenemos información de los confluentes al otro lado del Río Mulatos, parece cierto que el conjunto exótico aflora al oeste del Río Mulatos por este sector, aunque no lo vimos en el corte del Río Anatenorio que cruza el mismo rumbo Andino por el oeste.

2.3.3 Otros bloques exóticos

Estos incluyen rocas silíceas clivadas de tipo metachert o metalava ácida; esquistos ferruginosos; esquistos verdes con fuchsita; metalutitas negras; y esquistos negros biotíticos.

2.4 El Complejo no-Metamórfico ‘in situ’

2.4.1 Lavas y volcanoclásticos

El cambio del Complejo Metamórfico al Complejo no-Metamórfico está marcado en el Río Mulatos por la aparición de lavas grises pálidas ácidas vidriosas de tipo riolita con fenocristales de feldespato y biotita, y con un clivaje débil. Hay intercalaciones de pizarras negras. Más al este del contacto las lavas son más obscuras y menos deformadas y retienen los fenocristales feldespáticos hasta 4 mm de largo.

Por el Río Negro y más abajo hay una secuencia de lavas y volcanoclásticos no-deformados. Las lavas comprenden tipos finos blancos, con fenocristales de cuarzo y tipos silíceos vidriosos rosados y rojos amigdaloides. En un bloque se nota un contacto entre lava gris vidriosa y lava rosada porfirítica con fragmentos y protusiones de la lava gris y clastos de otros tipos de lavas. En este caso es claro que la brecha es una brecha de flujo de lava y no una brecha piroclástica. Los volcanoclásticos forman afloramientos masivos sin estructuras de capeamiento. Son de brechas piroclásticas con clastos angulares de material volcánico ácido, hasta 20 cm de largo, y chert bandeado. En un afloramiento por la confluencia del Río Negro estas rocas están en contacto lateral con lavas grises vidriosas.

Hay bloques en el Río Mulatos de rocas volcanosedimentarias verdosas con estratificación cruzada, que pueden estar relacionadas a la secuencia lava/volcanoclastos.

Más al este de la secuencia de lavas pálidas con volcanoclastos, afloran lavas negras finas alteradas con porfiritos de feldespato. Luego vienen afloramientos de lavas ácidas negras no-porfiríticas con un afloramiento de chert bandeado?, el cual podría ser también una lava.

2.4.2 Rocas carbonatadas

Entre las zonas de afloramientos volcánicos hay rocas carbonatadas 'in situ'. En el extremo oeste afloran calizas obscuras con o sin fósiles y con un clivaje tectónico. Luego vienen calizas y calcilutitas púrpuras fuertemente deformadas; y luego una secuencia de calcilutitas, arcillas negras y calizas de bolitas (pellets) livianamente deformadas. Truncaciones sedimentarias demuestran que esta última secuencia es más joven por arriba.

También por este sector y más abajo hay grandes bloques con intercalaciones de calizas negras y cremosas/amarillas (dolomitas?) intercaladas, en un bloque, con cuarcita pálida y en otro, con chert negro. Hay también bloques que parecen brechas de dolomita más abajo en el Río Mulatos.

2.4.3 Granito (de Abitagua)

El primer afloramiento de granito abajo en el Río Mulatos es cerca de la confluencia con el Río Katachi. Es un granito gris de grano medio con biotita y hornblenda. Éste se puede interpretar como una intrusión marginal del cuerpo mayor. Pero más arriba, cerca de la confluencia con el Río Yarapa hay bloques de un pórfido de cuarzo (con megacristales redondos de cuarzo hasta 1 cm de largo) cerca de afloramientos de lavas con zonas de megacristales de feldespato rosado hasta 6 mm de largo (feldespatización?).

El cuerpo mayor del granito se encontró al final de la travesía. Los primeros afloramientos muestran un granito gris de grano medio con biotita y hornblenda, con xenolitos máficos que incluyen diques máficos autobrechados. Los últimos afloramientos demuestran una transición a un granito biotítico de grano grueso con feldespato-K rosado que intruye al granito anterior. Hay diques máficos y de pórfido.

2.5 El Complejo no-Metamórfico en bloques exóticos

Entre los afloramientos de rocas carbonatadas y los de lavas y volcanoclásticos hay una ausencia de afloramientos en el Río Mulatos por donde ocurren los siguientes bloques exóticos (que no se nota en sitio):

(a) Areniscas finas de color amarillo, púrpura y rojo
(b) Cherts verdes y pálidos
(c) Arcillas carbonáceas
(d) Pórfido de anfíbol

Un poco más abajo de la confluencia del Río Negro hay también bloques de conglomerado con matriz de arenisca fina.

3. ESTRUCTURA Y METAMORFISMO

3.1 El Complejo Metamórfico

Por el corte del Río Anatenorio se nota hasta tres fases de deformación. Las dos primeras son penetrativas y con rumbo Andino; la segunda plegando la foliación gnéisica (S1). Asociada con la segunda deformación (S2), existe una lineación con fuerte hundimiento al sur especialmente marcada por la elongación de los ojos de cuarzo y feldespato (*rodding*). D2 también pliega las vetas de cuarzo formadas durante D1.

Por la confluencia de los Ríos Anatenorio y Langoa se encuentra localmente en una tercera deformación con rumbo E de pliegues monoclinales hundiendo suavemente al W, sin clivaje penetrativo. Esta deformación es responsable por los buzamientos suaves de S2 en la zona de la Cueva de Langoa. En esta zona hay también pliegues muy suaves de rumbo N (D4?).

Más abajo por el Río Mulatos D3 desaparece por la faja de paragneis semipelítico.

En este sector de gneis y esquistos (Anatenorio-Mulatos) el grado de metamorfismo apenas llega a facies metamórficas de anfibolita (presencia de anfibolita y ojos de feldespato). La falta de vetas migmatíticas indica que las rocas no han llegado a la etapa de fundición parcial de facies anfibolita alta.

Por la zona de los gneis miloníticos y ortogneis, parece que hay otro ambiente tectónico. La deformación (gneisificación) de los plutones calco-alcalinos es selectiva, con zonas deformadas y no deformadas. Tomando en cuenta la presencia de los gneises miloníticos, se puede interpretar esta zona por una sola fase de deformación por zonas restringidas de arrastre (milonitización/gneisificación) con movimiento probablemente horizontal. Las vetas feldespáticas epidotizadas, las cuales se notan en los ortogneis y los intrusivos no deformados, son relacionadas a zonas de arrastre menores tardías. Ellas cortan la foliación gnéisica con movimientos sinistrales o dextrales. Los bloques del conjunto exótico también demuestran el mismo ambiente tectónico, con minerales metamórficos de anfíbol y granate por zonas afectadas, y con zonas no deformadas.

3.2 El Complejo no-Metamórfico

La discontinuidad tectónica que divide el Complejo Metamórfico del Complejo no-Metamórfico tiene que ser una estructura fundamental. Representa un cambio litológico y de ambiente estructural y metamórfico. Sin embargo, la misma estructura, o su removilización, ha afectado al Complejo no-Metamórfico dando un clivaje tectónico por las rocas hasta el Río Negro. Este clivaje es planar axial a pliegues con hundimiento al sur y las calcilutitas muestran estructuras menores de "M" que se conforman a la zona axial de pliegues mayores. Por el resto del Complejo no-Metamórfico se puede notar que el buzamiento de la estratificación? no es horizontal y puede estar relacionado a pliegues suaves regionales.

4. CORRELACIÓN E INTERPRETACIÓN

La faja del Complejo Metamórfico tiene similitudes al corte Baños-Puyo al sur: los gneises y esquistos, esencialmente semipelíticos seguidos al este por la faja de intrusivos calco-alcalinos, deformados en partes. El conjunto litológico calco-alcalino es idéntico a los intrusivos del sector Río Verde-Azafrán y también a los del Río Abanico (ver informes Baños-Puyo y Guamote-Macas del Proyecto Cordillera Real, 1986). Esta correlación litológica incluye la identificación del gabro con hornblendas redondas en los tres sectores.

Hay algunos sectores del corte del Río Anatenorio que parecen como las rocas del corte Papallacta-Baeza, especialmente los esquistos verdes.

Con respecto al origen del conjunto exótico, en interpretación provisional, sin láminas delgadas, propondría una secuencia de lavas basálticas y carbonatos. Los carbonatos incluirían dolomitas, cherts, calizas, tobas calcáreas y calcilutitas ferruginosas. Las calcilutitas ferruginosas podrían ser los protolitos de las anfibolitas granatíferas magnetíticas. También hay evidencia de intercalaciones de carbonato y rocas de hierro.

El Complejo no-Metamórfico comprende el Granito de Abitagua, las lavas volcanoclásticas y las rocas carbonatadas. La evidencia del campo indica, pero no demuestra, que el Granito intruye a las rocas las cuales pueden ser del Miembro Misahuallí (Cretácico Inferior) de la Formación Chapiza. Las rocas carbonatadas podrían ser correlacionadas litológicamente con la Formación Macuma (Carbonífero), la Formación Santiago (Jurásico) o la Formación Napo (Cretácico). Por la presencia de calizas fosfáticas? de bolitas (ver 5.2.4), la correlación con la Napo es preferida. En cualquier interpretación litológica-estructural de este sector es importante tomar en cuenta la presencia de bloques nuevos de areniscas finas por la zona sin afloramiento entre las rocas carbonatadas (Napo?) y lavas (Misahuallí?). Puede ser que estos sedimentos sean parte de la Formación Chapiza la cual contiene dolomitas (Baldock, 1982), o de la Napo Inferior.

5. GEOLOGÍA ECONÓMICA

5.1 Minerales metálicos

5.1.1 Oro: no fue observado en el bateo, primeramente, por las dificultades de distinguirlo y por la abundancia de sulfuros. Esperaremos los análisis geoquímicos de las muestras pesadas para determinar el potencial aurífero del sector.

5.1.2 Cobre/sulfuros: los siguientes indicios han sido observados:

(1) En un afloramiento de gneis semipelítico cerca de la confluencia del Río Tigre hay pequeñas mineralizaciones de calcopirita/bornita/malaquita/pirita, asociadas con una banda (veta?) cuarzosa de 2 cm de espesor.

(2) En bloques de roca calco-silicática pálida del conjunto exótico hay vetas de calcita con mineralización de calcopirita/pirita en zonas hasta 3×3 cm de tamaño.

(3) En bloques de metalava epidotizada del conjunto exótico, los que tienen un lustre metálico gris-plomoso, hay mineralización de calcopirita/pirita diseminada.

(4) En bloques de anfibolita granatífera negra calco-silicática? del conjunto exótico, los que también tienen un lustre metálico gris-plomoso, hay mineralización de calcopirita/pirita diseminada.

(5) En el Río Niágara Chico hay bloques de esquisto biotítico negro con calcopirita/pirita diseminada. Es posible que este esquisto venga de las vetas de calcita que llevan biotita que se encuentra en los ortogneis de los plutones calco-alcalinos deformados.

(6) Hay bastante calcopirita/pirita en muestras fluviales lavadas de los Ríos Tigre, Niágara Chico y Mulatos (por la zona de estos confluentes). No cabe duda que estos sulfuros están asociados con los bloques exóticos mineralizados.

5.1.3 Cromo: vimos un bloque de esquisto con fuchsita (moscovita de cromo).

5.1.4 Hematita?: abajo del Río Zapalá, en el Río Mulatos, en un afloramiento de gneis semipelítico, hay una veta de cuarzo con un mineral en forma hojosa que parece hematita por su color y dureza, pero su raya es negra/gris y no café (como hematita). Se enviará una muestra para su estudio con Rayos-X.

5.1.5 Magnetita: este mineral ocurre en los bloques exóticos calco-silicáticos pálidos y calco-silicáticos negros?. En los primeros ocurren con las vetas de calcita asociada con los sulfuros y asbesto. También había un bloque de calco-silicato pálido-verde con vetas de magnetita de 1-2 cm de espesor formando alrededor del 3% del bloque.

En los bloques calco-silicáticos? negros con anfíbol y granate, el contenido de magnetita probablemente da el peso alto de la roca. En estas rocas se puede distinguir la magnetita con la lupa como cristales, con caras triangulares, hasta 1 mm de tamaño.

Es posible que la magnetita venga de capas ferruginosas de la secuencia carbonatada. Hay bloques con capas ferruginosas definidas y en un ejemplo la capa contiene magnetita y está intercalada con carbonato con anfíbol negro metamórfico.

5.2 Rocas y minerales no-metálicos industriales

5.2.1 Asbesto: anfíbol negro de estructura asbestiforme se forma en masas en las anfibolitas granatíferas en bloques exóticos calco-silicáticos? y también en vetas de calcita en bloques calco-silicáticos pálidos. Probablemente el mineral es actinolita lo cual no tiene significación comercial. Cristales asbestiformes verdes pálidos se forman por zonas de fractura en bloques dolomíticos masivos? (sin estructura gnéisica).

5.2.2 Biotita (mica): hay zonas de biotitita (roca de biotita) en vetas de calcita en los ortogneises, pero no tienen significancia comercial.

5.2.3 Carbonato: hay dolomitas, calizas y vetas de calcita (hasta 10 cm de espesor) en los bloques exóticos. También hay calizas negras y calcilutitas (Fm. Napo?) en el conjunto no-Metamórfico.

5.2.4 Fosfato: la caliza de bolitas del conjunto no metamórfico puede ser fosfática. Las bolitas (pellets) son de color café-rojo (algunas fuertemente rojizas) hasta 3 mm de largo en una matriz carbonática. Hay descripciones y fotografías de una roca similar (caliza fosfática) en Wilkinson (1982) que viene de la Napo Superior y que contiene 30% P_2O_5. Se enviará una muestra para análisis.

La capa tiene unos 50 cm de espesor y está intercalada con calcilutita roja y lutitas negras. Hay un clivaje débil y la secuencia buza a 40° al sur, saliéndose por una nariz de un pliegue regional.

6. RECOMENDACIONES

6.1 Administrativos

La travesía por el Río Mulatos no se ajusta a las comisiones normales de INEMIN. Aunque salimos vivos y “sin novedades” hay que tomar en cuenta lo siguiente para futuros cortes como el del Mulatos:

(1) Por el peligro de la zona y las fuerzas necesarias, los jornaleros justamente piden jornales diarios elevados (más de lo planificado).

(2) Los víveres se acabaron al doceavo día, por esto hay que calcular mejor las cantidades de víveres que hay que llevar y el número de jornaleros.

(3) Es una locura el andar por un sector tan peligroso sin comunicación de radio. Este Proyecto no va ha realizar más cortes de esta clase hasta que tengamos radios.

6.2 Estudios más detallados

Aparte de la posibilidad de fosfatos, hay una sola zona para volver al Río Mulatos por motivo económico. Esto es en busca de los afloramientos del conjunto exótico que lleva mineralización diseminada de cobre y magnetita, estudiando estas rocas y muestreando la zona geoquímicamente en detalle. Aunque no se ha visto estas rocas ‘in situ’ sus litologías (lavas basálticas y carbonato sin material clástico), su metamorfismo (tipo skarn) y su deformación (arrastres locales) indican un ambiente de potencial mineral. Esto fue comprobado por la mineralización vista en los bloques. Después de estudiar las láminas delgadas y los resultados geoquímicos de las muestras fluviales y pesadas, este Proyecto programará una comisión para volver al Río Mulatos en 1987?. En esta comisión también se puede comprobar, más arriba de la confluencia del Río Anatenorio, la existencia de las ‘ofiolitas’ reportadas por Sauer (1965); las que tienen 1.5% de Ni. Es posible que sus ‘ofiolitas’ sean las anfibolitas negras granatíferas que también llevan ‘asbesto hornbléndico’ como él reportó.

7. REFERENCIAS.

BALDOCK J. W. (1982) Geología del Ecuador. Boletín de la explicación del Mapa Geológico de la República del Ecuador, escala 1:1000000. DGGM, Quito.

SAUER W. (1965) Geología del Ecuador. Editorial del Ministerio de Educación, Quito, 383 pp.

POLANSKI J. (1974) Geografía Física General. Manual Editorial Universitaria. Argentina.

WILKINSON A. F. (1982) Exploration for phosphate in Ecuador. Inst. Min. and Metall. Vol. 91, B130-145.

Ing. Ramiro Bermúdez Dr. Martin Litherland

PROYECTO CORDILLERA REAL

ADJ. Mapa geológico estructural (1)
Mapa ubicación de muestras petrográficas y geoquímicas (1)

INEMIN

INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

No. 3394

QUITO, JULIO 31, 1986

PARA : GERENTE TÉCNICO

DE : ING. RAMIRO BERMÚDEZ y DR. MARTIN LITHERLAND

ASUNTO : Informe Técnico de la comisión efectuada a Baños-Puyo y Guamote-Huamboya del 25 de junio al 11 de julio de 1986

SUMARIO:

El Proyecto de Investigación Geológica de la Cordillera Real que se ejecuta con la Misión Británica, efectuó la presente comisión a fin de continuar con el estudio de los cortes programados para esta salida 5 y 6; Baños-Puyo y Guamote-Huamboya.

Se ejecutó el estudio de las rocas metamórficas e ígneas de la Cordillera, tanto en su aspecto geológico-estructural, como de indicios minerales, a más del muestreo de sedimentos pesados y fluviales, recolección de muestras para su estudio (láminas delgadas) y para datación. El cruce Alao-Cushnapaccha-Laguna Negra-La Magdalena-El Placer-Huamboya (Elvira), por la inclemencia del tiempo y la dificultad del terreno, se lo cumplió parcialmente (lluvias, ríos crecidos, derrumbes, etc.).

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivo

Continuar con el estudio de las rocas metamórficas, semimetamórficas e ígneas de la Cordillera Real.

1.2. Personal asignado
La Brigada No. 1 del Proyecto, conformada por:

- Dr. Martin Litherland (ODA)
- Ing. Ramiro Bermúdez (INEMIN)
- Sr. Alfonso Vaca (INEMIN, conducción y mantenimiento del vehículo)

El Jeep Land Rover AT-0068, de la misión se utilizó como transporte.

1.3 Aspectos geográficos

1.3.1 Localización: el área del corte 5 (Baños-Puyo) se encuentra al sureste de la capital, entre las provincias de Tungurahua y Napo, aproximadamente a 153 km; el corte 6 (Guamote-Huamboya) al sureste de Quito, aproximadamente a 200 km, entre las provincias de Chimborazo y Morona Santiago.

Corte 5 :	Longitud	:	78° 30'	y	78° 06'	W
	Latitud	:	01° 20'	y	01° 30'	S
Corte 6 :	Longitud	:	78° 40'	y	78° 22'	W
	Latitud	:	01° 45'	y	02° 55'	S

1.3.2 Clima y vegetación: tanto el clima como la vegetación están en relación directa con las cotas de los sectores.

En Baños-Puyo fluctúan entre ± 1850 msnm y 1200 msnm con clima templado, que varía en 18°C; en Licto-Huamboya tenemos cotas entre ± 2700 msnm y 4000 msnm con clima temperado Andino a frío Andino, con temperaturas que varían entre 8°C y 12°C aproximadamente.

La vegetación en ambos sectores, concuerda con el clima, en la zona templada existe una exuberante vegetación de tipo selvática no tropical, en el clima temperado a frío andino la vegetación es típica de páramo: pajonales, chaparro, produciéndose en las zonas más altas fuertes vientos y lluvias casi constantes.

1.3.3 Hidrografía: en el corte Baños-Puyo, el Río Pastaza constituye el principal eje hidrográfico, que recibe además las aguas de los Ríos Chambo y Patate. En su recorrido de oeste a este son tributarios en su margen izquierda: Río Blanco, Río Verde, Río Topo, entre otros; y en la otra margen: Río Chinchin, Río Negro y Río Encanto.

Licto-Huamboya: el Río Alao constituye el principal eje hidrográfico, que recibe además las aguas del Río Chambo. Su nacimiento se origina en el sector de la Laguna Negra ± 4000 msnm, con un recorrido de suroeste a oeste-suroeste, entre sus principales confluentes está el Río Maguazo, en la margen izquierda. Hacia el oriente en el sector denominado Placer, el Río Palora que corre de oeste a este pasa a ser la principal red hidrográfica.

1.3.4 Población: Baños-Puyo, la población de este sector está dedicada a faenas agrícolas y ganaderas, constituyendo Baños por su ubicación un lugar privilegiado para el turismo nacional e internacional.

Licto-Huamboya, la mayoría de la población comprendida entre Licto y Alao está dedicada a labores agrícolas y ganaderas.

1.3.5 Vías de comunicación: Baños-Puyo, dispone de la carretera de primer orden: Quito-Baños-Puyo, constituyéndose en una de las principales entradas al Oriente ecuatoriano, con una distancia aproximada de 218 km, además en las poblaciones de Shell y Mera existen helipuertos para la transportación por vía aérea entre el Oriente y la Sierra.

Licto-Huamboya: la carretera Panamericana Sur Quito-Riobamba con una distancia aproximada de 175 km, constituye el enlace hacia el área. El tramo Licto-Pungalá-Alao-Cubillín se lo hace a través de una vía de tercer orden, que en su mayoría se halla afectada por derrumbes, caídas de agua; puentes poco seguros que dificultan el acceso y por último el sector Cubillín-Laguna Negra-El Placer, que se lo realiza a través de camino de herradura. El carretero que se halla marcado en las hojas censales del área en un 40% no es transitable, por la falta de un adecuado mantenimiento, y debido en parte a que los pocos pobladores que existieron en la zona de Huamboya (Elvira), salieron.

1.3.6 Usos del suelo: en las dos áreas un alto porcentaje del suelo está dedicado a labores agrícolas y ganaderas.

En los sectores donde afloran las rocas volcánicas metamórficas o intrusivas, son empleadas en el mantenimiento y afirmado de las vías.

1.3.7 Industrias: las industrias agrícola y ganadera constituyen una fuente importante para el desarrollo de estas áreas.

El turismo hacia Baños-Puyo, se ve favorecido por la serie de lugares turísticos que presenta: piscinas de agua termal (Salado, Nuevas, de la Virgen, etc.), cascada de Agoyán, Cascadas de Inés María, y la visita para los aficionados al andinismo al cráter del Tungurahua (5300 msnm).

1.4 Trabajos anteriores

La geología de la carretera Baños-Puyo, ha sido estudiada por Sauer (1965), Kennerley (1971), Trouw (1976), Herbert (1977). En el área Licto-Huamboya, Sauer (1965) en su libro 'Geología del Ecuador', realiza una descripción parcial del sector, que resulta ser el único estudio conocido en esta área.

1.5 Metodología de trabajo

Se utilizaron las siguientes bases cartográficas:

- Baños-Puyo: hojas censales de Baños y Mera, escala 1:50000 del IGM, 1973
- Licto-Huamboya: la hoja topográfica Guamote, escala 1:50000 y las hojas planimétricas de Río Sangay y Huamboya del IGM, 1973
- Fotografías aéreas que cubren los dos cortes, a escala 1:40000 y 1:60000

Se empleó la siguiente metodología:

- Observaciones geológicas 'in situ'
- Estudio de las estructuras
- Recolección de muestras para su estudio petrológico (45) y para dataciones (3)
- Muestreo de sedimentos pesados (18) y fluviales (19)

1.6 Geomorfología

Relacionándolas con las cotas de los dos cortes que fluctúan entre ± 1200 msnm (Puyo) a 4000 msnm (Laguna Negra), nos encontramos con dos zonas distintas; una con pendientes moderadas que constituyen zonas de estribaciones de la Cordillera Real, y otra con pendientes fuertes y quebradas profundas que hacen difícil su ascenso y descenso.

2. LITOLOGÍA

2.1 Introducción

La geología de los cortes Patate-Baños-Puyo y Licto-La Plancha-(Huamboya) tienen mucho en común, por eso estas unidades son descritas en conjunto. El Complejo Metamórfico está dividido en conjuntos informales de asociación litológica. En el este existe el conjunto Patate (Patate-Puyo) y el conjunto Alao (Licto-Huamboya). Al este de una línea (frente Baños) pasando por cerca de Baños y cerca de Laguna Negra (Licto-Huamboya) empieza un conjunto distinto – el conjunto Pastaza (Patate-Puyo) y el conjunto Palora (Licto-Huamboya). Más al este en el corte Patate-Puyo hay rocas plutónicas y rocas metamórficas de edad cretácica?.

2.2 Complejo Metamórfico

2.2.1 El Conjunto Patate: consiste de rocas negras y verdes de bajo grado de metamorfismo y con dos clivajes fuertes (S1 y S2). Las negras son filitas grafíticas en lugares laminadas con metalimolita (en raras ocasiones mostrando estratificación gradada). Hay también zonas de pizarra platinada sericítica y filitas cloríticas verdes. Fue encontrada una banda de mármol negro de no más de 50 cm de espesor, la cual contiene calcita negra. En el Río Patate, donde las rocas negras son intercaladas con las verdes hay bandas de cuarcita negra de grano fino y cherts.

Las rocas verdes son mayormente masivas con clivajes menos desarrollados. Su color varía de verde medio a gris verde medio, de composición básica de origen basáltico. Hay un afloramiento con una banda de esquisto ultramáfico.

Del Río Patate hasta Baños hay dos fajas de rocas verdes y una faja de rocas metasedimentarias. En el Río Patate las dos litologías aparecen mezcladas. Por el mapeo de pliegues menores (ver perfil estructural), se puede determinar provisionalmente que las verdes están debajo de las negras estructuralmente (no necesariamente de manera estratigráfica).

2.2.2 El Conjunto Alao: aflora desde que empieza el Complejo Metamórfico abajo de las lavas cenozoicas al sur de Pungalá, hasta la división de las aguas de la Cordillera Real cerca de la Laguna Negra. Al Oeste de Alao la estructura es sencilla con pliegues abiertos horizontales D1 con un solo clivaje S1 dando una secuencia que se pueda considerar como horizontal. Al este de Alao, hay un segundo clivaje fuerte. En Pungalá los primeros afloramientos son pizarras negras grafíticas con cuarcitas y cherts, luego se pasa por rocas verdes y la Ofiolita de Peltetec (ver 2.2.3). Luego cuarcitas negras masivas de grano fino, con filitas negras; bloques de cuarcitas pálidas; de Alao hasta la Laguna Negra tenemos rocas verdes de tipo metabasáltico con vetas de cuarzo y calcita.

2.2.3 La Ofiolita Peltetec: este cuerpo aflora por alrededor de 4 km por el camino hasta el Río Maguazo. Consiste de serpentinitas negras metalavas con estructuras de almohadilla y metagabros menores de grano grueso. Las rocas son masivas con poco desarrollo de clivaje. Las almohadillas son de dos clases: espilitas pálidas adentro con coronas negras tipo obsidiana; y centros obscuros y coronas pálidas. Hay zonas de movimiento marcado por brechas y espejos de fricción. También hay brechas pretectónicas (cortadas por S1), de tipo conglomeráticas y de clastos de serpentinita adentro de basalto. Hay vetas in situ y bloques de vetas más anchas que contienen cuarzo, epidota y asbesto azul.

Regionalmente es probable que la Ofiolita Peltetec forme parte de la serie de rocas verdes. Las relaciones con las rocas metasedimentarias no son claras por el camino, aunque hay cierta evidencia de interestratificación. Es posible ver un espesor grande por el cuerpo ofiolítico dando cuenta del estrato subhorizontal y los afloramientos ubicados (visual) más arriba en el Valle de Alao.

2.2.4 El Conjunto Pastaza: entre Baños y el "Granito" de Azafrán hay una serie del Complejo Metamórfico de más alto grado (llegando a la facies anfibolita) y de tipo metasedimentario-metaplutónico y cortado por S1 y S2 penetrativo y en ciertos lugares S3 penetrativo (ver perfil estructural). Hay un cambio brusco por el Río Blanco donde intervienen pizarras negras de bajo grado con un estilo estructural extraño. El cuarzo azul sigue en las rocas hasta el Río Blanco.

El conjunto empieza cerca de Baños al lado norte del Río Pastaza frente a la entrada del Río Ulba. Aquí se encuentran ortogneis granitoide y cuarcitas con cuarzo azul y ametistina en la roca y en las vetas que la cortan. Más al este hay paragneis biotítico granatífero, esquistos grafíticos granatíferos, esquistos moscovíticos granatíferos con cloritoide (± cianita), ortogneis granitoide con xenolitos máficos deformados, esquistos cloríticos, esquistos de cuarzo y esquistos moscovíticos-biotíticos. Hay también litologías menores como anfibolita y cuarcita.

El conjunto Pastaza conforma una secuencia pelítica a semipelítica con rocas ígneas gneisificadas de composición granitoide y diques doleríticos pretectónicos.

2.2.5 El Conjunto Palora: por la cumbre de La Laguna Negra hay un marcado cambio litológico de rocas verdes a ortogneis granitoide (frente Baños) que forman la parte occidental del Conjunto Palora.

De la Laguna Verde hasta El Placer (± 4 km) la roca predominante es un granito de grano grueso o un gneis granitoide, los dos con cuarzo azul; con menores cuarcitas y esquistos cuarcíticos de cuarzo azul. Una banda de anfibolita fue observada en sitio.

Hacia el este de El Placer hay bloques sueltos derivados de la sierra al sur, que muestran una transición de ortogneis granitoide de cuarzo azul hasta esquistos moscovíticos y cuarcíferos con granate y cloritoide; cuarcitas y una cuarcita fuchsítica (última muestra).

2.2.6 Rocas de edad ?cretácica: rocas asignadas al Grupo Margajitas y la Formación Tena se encuentran entre los plutones de Azafrán y Abitagua en el camino Baños-Puyo. Son esquistos de moscovita, grafito y filitas de cuarzo y clorita. Un solo clivaje corta la secuencia. En las filitas cuarzosas se notan clastos originales de cuarzo azul.

Hay bloques rodados en el Río Topo probablemente derivados de esta secuencia. Hay un mármol con lamelibranquios (Fm. Tena?), y una brecha conglomerática deformada con clastos de la 'monzonita' de Azafrán incluidas en una pizarra negra.

2.3 Rocas ígneas y vetas

2.3.1 El 'Granito' de Azafrán: este cuerpo de grano medio a grueso es bien conocido por el acceso del camino Baños-Puyo. Sin embargo, no es un granito por el bajo contenido de cuarzo (estimado en 5-10% en el campo). Contiene también epidota y clorita/biotita. El índice de color sugiere una sienita de cuarzo, pero aquí es llamada 'monzonita' hasta la identificación de los feldespatos.

El núcleo del cuerpo muestra una débil orientación tectónica de los minerales, pero por las márgenes la roca es un gneis feldespático (monzonita gnéisica) (ver 'XM' en el mapa). La sección del plutón tiene fajas de esquisto intruidas por diques de monzonita y por las márgenes hay vetas pegmatíticas con turmalina de ± 15 cm de espesor.

En el núcleo del plutón Azafrán hay una cantera con afloramiento extensivo que muestra mucho detalle. La foliación tectónica débil es paralela a zonas miloníticas que llevan fajas (10 cm) de filitas verdes que pueden ser la monzonita milonitizada. El plutón intruye parcialmente la foliación milonítica y luego ha venido un clivaje de crenulación de bajo ángulo relacionado a zonas miloníticas en el plutón con desplazamiento sinistral de hasta 3 cm. Vetas de cuarzo con forma irregular hasta 40 cm de espesor llevan cuarzo ahumado en las zonas de contacto (2 cm).

2.3.2 El Granito de Abitagua: este plutón también es muy conocido y forma un cuerpo alargado (100 km) de Baños-Puyo hasta Baeza. En los afloramientos del camino Baños-Puyo se puede dividir el plutón en dos: la parte occidental de grano grueso con megacristales de feldespato-K hasta 2 cm de largo y con afloramientos más frescos; y la parte oriental de granito equigranular con intemperización fuerte, donde se explota el material, convertida en una cantera de ripio.

En estas canteras se nota diques hasta de 5 cm de espesor de pórfido de cuarzo con cristales redondos y euhedrales y paralelo al juego de diaclasas más prominentes. Hay también diques de monzonita caolinizada. Los diques de pórfido llevan xenolitos redondos de basalto, andesita y pórfido de feldespato, algunos son laterizados, otros frescos que caen por debajo como bloques rodados. También se nota un bandeamiento original con rumbo fuera del eje del plutón.

2.3.3 Los granitos de cuarzo azul y ortogneis: estos han sido mencionados en el numeral 2.2 (Complejo Metamórfico), solamente en el conjunto Palora hay granitos sin deformación.

2.3.4 Dioritas: éstas ocurren en los dos cortes. Por Baños-Puyo hay un afloramiento de grano medio, con metamorfismo débil por el lado occidental de la 'monzonita' Azafrán. En el Río Verde grandes rodados de este material predominan, algunos con fenocristales de hornblenda hasta de 1 cm de largo, otros con vetas cruzadas o paralelas de epidotización. Esos bloques demuestran la existencia de un cuerpo grande de diorita más al Norte. También hay bloques de diorita en el Río Topo y en la confluencia del Pastaza al sur.

Hay bloques sueltos de metadioritas un poco al este de El Placer por la travesía Licto-Huamboya.

2.3.5 Otras vetas: vetas de cuarzo son comunes en el Complejo Metamórfico paralelo a las esquistosidades penetrativas S1 y S2. Vetas de calcita se forman en las rocas verdes y filitas grafíticas.

Hay una concentración aparente de vetas de cuarzo de hasta 1 m de espesor a lo largo de S2 por el frente Baños en la zona de Laguna Verde (Licto-Huamboya). Las vetas son mineralizadas (ver 5.1).

3. ESTRUCTURA Y METAMORFISMO

Parece que hay una simetría estructural de clivaje penetrativo por la Cordillera Real. En el extremo oeste, por Peltetec, hay un solo clivaje. Más al este en los conjuntos Alao y Patate, S2 (segundo clivaje) está desarrollado, y sigue por los complejos Pastaza y Palora hasta las rocas ?cretácicas donde otra vez aparece un solo clivaje.

Pliegues de D1 por Peltetec son abiertos, pero en el conjunto Patate (ver perfil estructural), hay evidencia de que S1 es paralelo a S0 (estratificación) y el complejo estructural puede ser interpretado como D2 replegando estructuras de sobrecorrimiento (nappes) de D1. Éste puede indicar un cambio de régimen tectónico de D1 de Peltetec hasta Patate.

Pliegues menores de D2 son comunes y su forma (sentido) puede ser utilizado para ubicar los pliegues mayores (ver perfil estructural). Los pliegues son cerrados a apretados.

D3 está invocada para explicar todas las estructuras posteriores a D2. Así por Patate-Puyo hay una antiforma D3 al extremo oeste; una zona de refoliación S3 subvertical cerca del Río Ulba y una zona de S3 fuerte de baja inclinación por el Río Blanco. Eso puede ser un segmento tectónico traído por arriba de niveles estructurales equivalentes al sector Papallacta-Baeza (Litherland et al., 1986).

Las dislocaciones tectónicas mostradas por el mapa son inferidas. Lo fundamental puede ser el frente tectónico Baños (D2) que separa distintas litologías y grados de metamorfismo. Así al oeste hay un grado de esquisto verde y al este un grado de anfibolita (hornblenda, granate, cianita). Estos minerales están relacionados con el clivaje S2 y no cabe duda que el grado de metamorfismo se incrementa en zonas con refoliación S2.

4. CORRELACIÓN

Se puede correlacionar, sin duda, los conjuntos Patate y Alao y los de Pastaza y Palora. Las dos correlaciones están apoyadas por sus distribuciones geográficas, por el rumbo de la Cordillera y por las mismas rocas. El ortogneis/granito de cuarzo azul al este del frente Baños se puede correlacionar con el Conjunto Palora; hacia el Norte hasta el Conjunto Pastaza y Papallacta (Litherland et al., 1986).

Así el Complejo Metamórfico está segmentándose en forma tectónica y litológica, de las volcánicas al oeste, el núcleo metamórfico con granitos de cuarzo azul en el centro, hasta las rocas cretácicas? al este.

Las esquistosidades en cada segmento (S1, S2, S3) pueden ser correlacionadas, pero también pueden no tener ninguna relación temporal. Las observaciones se refieren a la historia estructural de cada afloramiento, no más. Por ejemplo, S1 corta el cuarzo azul clástico en las rocas cretácicas?. ¿Puede ser que este cuarzo provenga de la erosión de los granitos de cuarzo azul al oeste en donde se formó a lo largo de S2? En este caso no se podría correlacionar las estructuras.

5. GEOLOGÍA ECONÓMICA

5.1 Minerales metálicos

5.1.1 Oro: por el corte Patate-Baños-Puyo se encontraron pintas de oro en el bateo en el Río Pastaza y todos sus afluentes al este del Río Blanco. Las más altas concentraciones ocurrieron en el Río Verde. Esta distribución de oro por Patate-Baños-Puyo corresponde al Mapa de Potencial Aurífero Aluvial (DGGM, 1983). Por Licto-Huamboya sólo había unas pocas pintas de oro en el Río Alao y ninguna por los afluentes bateados. También había pocas pintas de oro en la muestra bateada en el Río Palora.

Por los pocos estudios hechos parece que el oro puede tener relación con la geología regional, el hospedante de las vetas de cuarzo. Los conjuntos volcanosedimentarios de Patate y Alao son de oro escaso, mientras que al este del frente Baños en el conjunto Pastaza hay más pintas en el bateo. Se ha observado en el Río Verde la presencia de muchos bloques de diorita dando la impresión de la existencia de un cuerpo grande de diorita (no identificado en el mapa geológico de escala 1:100000) más al norte de donde puede venir el oro diseminado o concentrado por el intrusivo.

5.1.2 Plata: hay ocurrencias de plata en el Mapa Índice de Minerales Metálicos (INEMIN, 1985) y el de Goossens (1969) en la zona de la cumbre de la Laguna Negra y a lo largo del frente Baños donde vimos una ancha zona de vetas de cuarzo mineralizadas. Así es claro que la plata viene de esta misma zona con posible control tectónico. Los indígenas de la zona de Alao también hablan de la ocurrencia de plata en esa región, encontrándose una bocamina a 3 km al este de Alao.

5.1.3 Cobre: unos 500 m al oeste del Río Blanco en el camino Baños-Puyo hay un esquisto moscovítico granatífero con cianita? que contiene diseminaciones de pirita, calcopirita y bornita. En el mismo corte en el mapa de Goossens (1969) hay un índice de cobre por el Río Verde donde encontramos oro y bloques de diorita con mineralización de magnetita.

Por Licto-Huamboya en la zona de la Cumbre hay mineralización de calcopirita en vetas de cuarzo asociado con hematita (¿blenda?) en agregados de tamaño hasta 2×1×1 cm. También en las aguas calientes de El Placer hay un bloque de roca verde, que ha venido de encima de la cumbre, que contiene calcopirita diseminada en una banda original de 3 mm de espesor en la metalava.

En el camino a Peltetec, arriba del camino a Alao, alrededor de 50 m arriba del contacto con la Ofiolita Peltetec hay cuarcitas y pizarras negras en una zona de cerca de 20 cm de ancho con mineralización (malaquita/azurita) a lo largo de vetas y asociado con caolín? Encima hay un desarrollo local en el perfil de estructuración de gossan tipo laterítico con malaquita. Es muy probable que el cobre haya venido de la ofiolita por medio de precipitación hidrotermal.

5.1.4 Cromo: el mineral fuchsita (moscovita de cromo) de color verde intenso fue notado en la última muestra sacada del corte Licto-Huamboya. No se sabrá la importancia de esta ocurrencia hasta que se realice una examinación microscópica.

5.1.5 Hierro y pirita: hay mineralización pequeña de magnetita asociada con epidota por superficies de fractura en un bloque de diorita en el Río Verde (Baños-Puyo). Hay también una concreción de pirita en forma elíptica de ejes 7×7×3 cm en una lutita negra perteneciente a un bloque rodado en el Río Topo. En la zona de vetas por la cumbre de Licto-Huamboya la pirita está bien desarrollada y el mismo mineral en los dos cortes se presenta diseminado en las rocas grafíticas y metalavas verdes.

5.1.6 Plomo: encontramos dos ocurrencias de mineralización de galena por la zona de vetas en la cumbre Licto-Huamboya. Los agregados de cristal que vimos no llegan a más de 1×1×1 cm, pero los indígenas nos mostraron rocas mineralizadas con desarrollos más grandes.

5.2 Rocas y minerales no-metálicos industriales

5.2.1 Asbesto: Vetas de epidota, cuarzo, asbesto azul y talco? ocurren en la Ofiolita Peltetec. Hay bloques con concentraciones de vetas hasta de 3 cm de ancho con fibras de asbesto hasta de 2 cm de largo.

5.2.2 Caolín: en el granito Abitagua vimos un dique 'monzonítico' (¿viene de Azafrán?) de 3 m de espesor que en la mayor parte está alterado a caolín. La mayor impureza es cuarzo (ca. 5-10%) en granos de tamaño de 1 mm. Hay pocos minerales máficos alterados.

5.2.3 Cuarzo: cuarzo con débiles colores ahumado-azul y ametistina ocurre en los complejos de Pastaza y Palora, pero no tiene interés para la industria de joyería. Unos pequeños cristales de cuarzo transparentes fueron encontrados en el Río Chinchín Grande (Baños-Puyo).

5.2.4 Feldespato: La 'monzonita' de Azafrán tiene alrededor de 85-90% de feldespato y hay concentración de cristales grandes de feldespato en capas de 10 cm de ancho en las pegmatitas marginales.

5.2.5 Grafito: la filita grafítica con más alto contenido de carbón está indicada en el mapa Patate-Puyo, pero no contiene suficiente grafito para ser considerada para uso industrial.

5.2.6 Mármol: la banda de mármol negro al oeste de Baños no tiene potencial comercial por su aparente delgadez.

5.2.7 Piedra ornamental: la concreción de pirita en un bloque suelto en el Río Topo (ver 5.1.5) podría tener un valor para coleccionistas/venta turística.

5.2.8 Talco: se nota superficies espejosas talcosas en la Ofiolita Peltetec.

5.2.9 Turmalina: Cristales de turmalina negra (chorlo) forman hasta 3 cm de largo en pegmatitas relacionadas a la 'monzonita' de Azafrán. No son translucientes, y no sirven para la industria de joyería, pero puede ser que haya mejores ejemplos.

5.3 Materiales de construcción

5.3.1 Lastre: hay una cantera en la monzonita Azafrán donde se utiliza el material para lastre.

5.3.2 Pizarra: hay pizarras que pueden ser utilizadas para techos a 4 km al oeste de Baños.

5.3.3 Ripio: se utiliza el granito Abitagua intemperizado como una cantera de ripio.

5.4 Aguas termales

Las aguas termales de Baños son conocidas y forman una atracción turística.

Las de El Placer son desconocidas y comprenden un manantial pequeño con depósitos de sales encima del granito regional (con cuarzo azul) muy alterado por las aguas.

5.5 Recomendaciones

Para la segunda fase del Proyecto (1987) se puede volver a tres zonas de interés económico:

(1) Río Verde: complejo metamórfico con cuerpos dioríticos y monzoníticos con mineralización de Au y Cu.

(2) Peltetec: un cuerpo ofiolítico con mineralización Cu y asbesto, y con potencial de mineralización Ni, Cr, Co, Pt, Fe y Mn.

(3) Laguna Verde: una zona de vetas de cuarzo tectónicamente controlada que lleva mineralización Pb, Ag y Cu.

También se podría seguir la travesía hasta Huamboya para completar el corte e investigar la ocurrencia de fuchsita.

6. REFERENCIAS

GOOSSENS P. J. (1969) Mapa Índice Mineralógico, República del Ecuador. UNDP.

HERBERT H. J. (1983) Die Kristallinen Gesteine aus der nördlichen Hälfte des E-Kordillere Ecuadors. Geotekt. Forsch., 65, 1-77.

KENNERLEY J. B. (1971) Geology of the Llanganates area. Inst. Geol. Sci. (UK). Overseas Dir. Rep. No. 21, 10 pp.

LITHERLAND M., BERMÚDEZ R., ASPDEN J. A. y VITERI F. (1986) Informe Técnico de la comisión efectuada a Papallacta-Baeza, Proyecto Cordillera Real. INEMIN Mem. No. 2658 (no publicado).

SAUER W. (1965) Geología del Ecuador. Editorial del Ministerio de Educación, Quito, 383 pp.

TROUW R. (1976) Cuatro cortes por la faja metamórfica de la Cordillera Real, Ecuador. Bol. Cient. Esc. Sup. Pol. Litoral, Guayaquil, Ecuador, 40 pp.

Dr. Martin Litherland   Ing. Ramiro Bermúdez

PROYECTO CORDILLERA REAL

NOTA: adjunto: Mapa de ubicación de los cortes
Mapa geológico estructural (2)
Mapa ubicación muestreo petrológico (2)
Mapa ubicación muestreo geoquímico (2)

INEMIN INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

No. 4403

QUITO, SEPTIEMBRE 30, 1986

PARA	:	GERENTE TÉCNICO
DE	:	ING. RAMIRO BERMÚDEZ y DR. MARTIN LITHERLAND
ASUNTO	:	Informe Técnico de la comisión realizada a Guamote-Macas del 01 al 17 de agosto de 1986

SUMARIO:

El Proyecto de Investigación Geológica de la Cordillera Real que se lo lleva adelante con la cooperación técnica de la Misión Británica, realizó la presente comisión a fin de continuar con los cortes establecidos en el cronograma anual de actividades, así, el corte 7 perteneciente a la geotravesía Guamote-Macas se cumplió en un 100%.

El cruce Laguna Negra-9 de Octubre se coordinó con el equipo que viene laborando en el levantamiento geológico de la Hoja No. 90 Macas, Ings. Marco Marín (INEMIN) e Ivan Verset (Misión Belga); lo que constituye una forma eficaz de efectuar en conjunto los cortes con los equipos que laboran en el campo, con una coordinación adecuada y sin redoblar los esfuerzos tanto físicos como materiales.

El objetivo del presente corte fue el estudio de las rocas metamórficas e ígneas de la Cordillera, tanto en su aspecto geológico-estructural, como en el de una exploración inicial del potencial mineral de estas rocas.

El cruce Laguna Negra-9 de Octubre se lo cumplió en su totalidad (aproximadamente 35 km), entre las dos puntas de la carretera Atillo-9 de Octubre.

Se recolectaron cuarenta y cinco (45) muestras para su estudio petrográfico, y treinta y dos (30) para geoquímica, pertenecientes dieciséis (16) a fluviales y catorce (14) a pesados.

Adicionalmente, del 10 al 13 de septiembre, se efectuó un reconocimiento de inspección, con ocasión de la visita al país del Jefe Regional para Latino-América, Dr. Clive Jones, durante la cual se visitaron afloramientos considerados por el proyecto como relevantes, dado el contexto geológico-estructural y mineralógico que presentan (secuencia ofiolítica Peltetec-Huarguallá, etc.). Esta corta gira contó con el acompañamiento de los Ings. Edgar Salazar y Wilson Santamaría, directivos de INEMIN.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivo
Continuar a través de los cortes programados con el estudio de las rocas metamórficas, semimetamórficas e ígneas de la Cordillera Real.

1.2. Personal asignado
Brigada No. 1, conformada por:

Ing. Ramiro Bermúdez	(INEMIN)
Dr. Martin Litherland	(ODA)
Sr. Alfonso Vaca	(INEMIN, conducción y mantenimiento del vehículo)

Se utilizó como medio de transporte el Jeep Land Rover AT-0068 perteneciente a la misión.

1.3 Aspectos geográficos

1.3.1 Localización: el corte 7 Guamote-Macas, se encuentra al sureste de la capital, aproximadamente a 200 km entre las provincias de Chimborazo y Morona Santiago.

Enmarcado entre las siguientes coordenadas:

Longitud	:	78° 45’	y	78° 05’	W
Latitud	:	01° 50’	y	02° 20’	S

1.3.2 Clima y vegetación: estos dos parámetros están en relación directa con las cotas del área.

De oeste a este las cotas fluctúan de: ± 3080 msnm (Guamote) a ± 3650 msnm (Laguna Negra), con clima temperado andino a frío subandino; con precipitaciones, vientos y frío casi constante en la zona de altura, en esta época. Las estribaciones de la Cordillera Real hasta la zona de llanura, se hallan con cotas que fluctúan entre ± 3000 msnm (Achillán) y ± 1200 msnm (Macas), con clima templado a subtropical.

La vegetación en estos sectores está en relación al clima, así: en las partes altas – páramo – existen pajonales, chaparros, produciéndose en las zonas altas fuertes vientos y lluvias casi constantes. Cultivos de papas y cebada, se dan en las zonas bajas.

La zona subtropical, está cubierta de bosques subtropicales, además de la presencia de huertos frutales.

1.3.3 Hidrografía: los principales ejes hidrográficos, en el presente corte constituyen los ríos: Cebadas y Upano.

El Río Cebadas, corre de sur a norte, en su recorrido se une al Río Guamote (sector de Huertapamba), y en el límite de las Hojas Guamote y Riobamba toma el nombre de Río Chambo (sector LACMO).

El Río Upano, corre de oeste a este, y conjuntamente con el Río Abanico constituyen los principales ejes hidrográficos en el sector Zúñac-Macas.

1.3.4 Población: los habitantes de estos sectores, incluidas las comunidades indígenas de Colay, Peña Blanca, Atillo (± 3500 msnm), están dedicados a labores agrícolas, ganaderas y al pastoreo, que en la mayoría lo ejecutan aún en una forma rudimentaria. Ocasionalmente también se dedican a la pesca. En las zonas de estribaciones de la Cordillera Real, existen asentamientos humanos: Zúñac (± 2730 msnm), Purshi (± 2720 msnm), Playas (± 2310 msnm), San Vicente (± 2350 msnm), 9 de Octubre (1350 msnm), que están dedicados a la agricultura y ganadería, y que en su mayoría son colonos.

1.7 Vías de comunicación: la carretera Panamericana Sur, Quito-Riobamba-Guamote, constituye el enlace hacia el área (± 200 km/4 horas).

Hacia Atillo ± 60 km/4 horas, desde el desvío en Guamote (Surtidor), se lo hace por la vía de segundo orden que en la mayor parte del trayecto está en mal estado, lodosa, angosta y con un trazo que la hace muy larga.

De Atillo a la Laguna Negra (± 3600 msnm), se lo realiza por la nueva vía en construcción – El Atillo-9 de Octubre – que se halla paralizada en la laguna debido a la inclemencia del tiempo que impide el avance de la misma.

De Laguna Negra (± 1000 msnm), cuya distancia aproximada es de 35 km, está unida a través de un sendero o camino de herradura, fangoso y quebrado.

El Retiro está unido a Macas por la nueva vía en construcción, cuya punta se halla justamente en la Quebrada el Retiro (± km 45).

Hacia Macas, la única vía terrestre utilizada es por Cuenca (± 160 km), vía que en el tramo Limón Indanza-Gualaceo, se encuentra en mal estado.

Por vía aérea, a través de TAME, 2 vuelos únicos a la semana (Lunes y Viernes). Existen avionetas que van de Macas a Cuenca y a Shell en vuelo regular. Actualmente Macas, se halla “aislada” por la falta de vías terrestres que unan en una forma ágil y corta, con este sector del Oriente ecuatoriano, lamentablemente ni la vía Puyo-Macas, ni Guamote-Macas, semiparalizadas por diversas razones, estarán en servicio en corto tiempo; por lo que tendremos que seguir utilizando la única vía en servicio: Quito-Cuenca-Macas (± 650 km).

1.3.6 Usos del suelo: un alto porcentaje de los suelos de esta zona están dedicados a las labores agrícolas y ganaderas.

El área de las lagunas – Atillo, Negra, Cuyo – con un paisaje exótico poco conocido, que con la construcción de la nueva vía Atillo-9 de Octubre, y con una adecuada infraestructura turística, quedará al alcance del turista nacional y extranjero.

Los recursos forestales representan en el área una reserva económica importante, es necesario racionalizar su explotación indiscriminada, que atenta contra la ecología de la zona.

1.3.7 Industrias: los recursos agrícolas y ganaderos constituyen una fuente importante para el desarrollo y avance de estas áreas, que, si además se les dota de buenas vías de comunicación, todos los productos agrícolas, carne, leche y frutas saldrían para el consumo en el resto del país.

El turismo sería otra fuente de ingreso importante, debido a que el sector atraviesa la Cordillera y baja a la zona oriental, con cambios climáticos y de paisaje, que serían un atractivo para el turismo nacional e internacional, por lo tanto, es imprescindible el avance de la vía: Atillo-9 de Octubre, que unirá estas dos regiones del país (Suroriente).

1.4 Trabajos anteriores

Sauer W. (1965), realizó una descripción detallada de la geología de: Cebadas-Paso de Colay-Macas (pág. 38, 39).

Los Ings. Marco Marín e Ivan Verset (1986), realizaron un reconocimiento preliminar de la zona Macas-9 de Octubre (Informe de comisión, Hoja Macas).

1.5 Metodología de trabajo

Se utilizaron las siguientes bases cartográficas:

- Hojas topográficas de: Guamote, Palmira y Totoras, escala 1:50000, editadas por el Instituto Geográfico Militar
- Hojas planimétricas de Zúñac y Macas, escala 1:50000, preparadas por el IGM, para el Censo de Población y Vivienda de noviembre de 1973
- Fotografías aéreas que cubren la zona, escala 1:60000, prestadas por el equipo que realiza el levantamiento de la Hoja Macas

Se empleó la siguiente metodología:

- Observaciones geológicas 'in situ'
- Estudio de las estructuras
- Recolección de muestras para su estudio petrológico (45)
- Muestreo de sedimentos pesados (14) y fluviales (16)

1.6 Geomorfología

Geomorfológicamente en el área investigada tenemos:

- Zonas con pendientes fuertes y quebradas profundas que dificultan su ascenso y descenso, (Colay-Atillo-Laguna Negra).
- Luego zonas con pendientes moderadas que constituyen las estribaciones de la Cordillera Real (Galgán-Tambillo-Achillán).
- Y por último la zona de llanura con pendientes suaves, que constituye parte de la llanura amazónica.

2. LITOLOGÍA

2.1 Introducción

En esta descripción del corte 7 Guamote-Macas se incluye una travesía por el Valle Huarguallá que fue realizada en busca de la continuación de la ofiolita Peltetec (Licto-Huamboya), así como observaciones geológicas efectuadas en el sector de Huarguallá y Guamote-Atillo por el grupo de geólogos que fueron con el Dr. C. R. Jones (BGS/ODA) en la visita de inspección (10-13 de septiembre). Ellos fueron: Drs. Litherland y Aspden (BGS/ODA), Ings. Salazar, Santamaría, Bermúdez y Viteri (INEMIN) e Ing. Pablo Duque (EPN).

2.2 Complejo Metamórfico

Por conveniencia para la descripción, ésta se la hará en sentido este a oeste por la geotravesía Guamote-Macas tratándose de zonas de rumbo Andino que tienen una litología e historia metamórfica y estructural común.

2.2.1 La zona Guamote-Cebadas ("molásica"): los afloramientos comprenden ortocuarcitas rojas y pálidas masivas, de grano original fino a medio, intercaladas con metalutitas de bajo grado de metamorfismo de color rojo, púrpura, verde pálido y gris pálido. Pudiendo ser una secuencia molásica.

2.2.2 La zona de Huarguallá-Río Cebadas ("pelágica"): ésta comprende filitas grafíticas y cuarcitas negras y grises de grano fino.



2.2.3 La zona de Huarguallá-Río Cebadas ("oceánica"): por este sector angosto afloran las serpentinitas y gabros de Peltetec y Huarguallá asociados con metalavas verdes (basálticas?) y metalavas pálidas de probable origen espilítico.

También hay metasedimentos finos silicificados rojos, verdes y negros de tipo chert o "*umber*" y otros más pelíticos de color púrpura-rojo. Segmentos tectónicos en Huarguallá también muestran ortocuarcitas pálidas, y otros de tipo turbidítico con brechas sedimentarias de pedazos de arcilla negra asociadas con filitas grafíticas, y chert carbonáceo ("*lyddite*"). Un bloque de caliza obscura fue observado.

También en los dos sectores hay secuencias tectónicas de granito protomilonitizado con cuarzo azul y feldespato de color ahumado, que pueden provenir del basamento metamórfico.

La ofiolita de Huarguallá aflora en las paredes del canal de riego abierto hace pocos meses. Estructuralmente las serpentinitas siguen arriba del segmento tectónico del "basamento granítico". Comprenden un espesor de alrededor de 20 m, con más de 5 m de serpentinita-asbestiforme en la base y unos 5 m de gabro/metalava hacia arriba.

La ofiolita no fue observada en el sur del Río Cebadas, pero un bloque rodado fue visto en la Quebrada Pancún.

2.2.4 La zona de Colay (Río Cebadas)-Purshi (Río Upano) ("arco-isla"): en este sector afloran grauvacas gradadas y metalavas verdes en el Río Huarguallá, y grauvacas, ortocuarcitas y filitas grafíticas hasta Colay. Más al este por el corte Laguna Atillo-Purshi afloran nuevamente metalavas verdes asociadas con cherts pálidos y verdes. Siguiendo el Río Upano al este hay bloques de metalava verde-pálida con metatobas bandeadas seguidas hasta el sector de Purshi por cuarcitas negras y verdes de grano fino con filitas verdes y grafíticas.

2.2.5 La zona de Zúñac ("núcleo metamórfico"): en el sector de Zúñac-Río Playas afloran las rocas metasedimentarias de más alto grado de la geotravesía. Comprende esquistos moscovíticos y cuarcitas, en lugares grafíticas y granatíferas o biotíticas, y en otros gneises cuarzo-feldespáticos biotíticos y granatíferos. Hay también bloques rodados de anfibolita y gneises con cuarzo azul.

2.2.6 La zona de Quebrada San Francisco-Río Abanico: este es un sector de rocas metasedimentarias y metavolcánicas. El primer tramo hasta la Quebrada El Retiro está dominado por esquistos y filitas grafíticas y cuarzosas. Luego hasta el Río Abanico sigue una secuencia mezclada de esquistos/filitas grafíticas, pelíticas y menores talcosas, con metalavas y metatobas bandeadas de aspecto félsico, cuarcitas tipo grauvaca con clastos de cuarzo azul, cuarcitas rojas ferruginosas y metasedimentos negros de grano fino, masivos o filíticos, con hierro y posiblemente manganeso.

Si se toma la "metagrauvaca" con cuarzo azul (y cobre) como un horizonte guía sale una simetría en las otras Formaciones por medio de trazas axiales conjeturadas de D1 (ver mapa). Aunque esta interpretación es muy provisional cabe notar que este sector del Complejo Metamórfico es el primero donde (en este Proyecto) existe la posibilidad de construir una columna estratigráfica premetamórfica.

2.3 Rocas ígneas y vetas

2.3.1 Rocas plutónicas: existe un complejo plutónico grande al sur de la carretera entre los Ríos Abanico y Salado Grande. Los bloques rodados en estos ríos, y en los ríos (Colimbo y Salado Chico) y quebradas entre Abanico y Salado Grande están dominados por "monzonitas hornbléndicas" de bajo contenido de cuarzo con menores dioritas biotíticas y gabros. En el Río Colimbo hay un bloque que parece ultrabásico. Los grandes bloques de monzonita no están deformados y contienen xenolitos máficos de dolerita, diorita y gabro. Es posible que el afloramiento de dolerita visto en la carretera represente el extremo norte del complejo plutónico.

Bloques de monzonita al oeste de Purshi son probablemente derivadas de las tilitas cuaternarias y vienen de la cumbre de la Cordillera.

Hay afloramientos y bloques rodados de granodiorita por la zona del Río Cebadas, y un afloramiento de granodiorita foliada por el sector Laguna Atillo-Macas.

Cerca del afloramiento de granodiorita (arriba) hay una roca ácida cuarzo-feldespática de grano grueso sin minerales máficos que corresponde a un aplogranito.

2.3.2 Intrusivos ígneos de grano fino: en el sector de San Vicente hasta el Río Abanico hay intrusivos menores de grano fino que cortan la última foliación penetrativa en el Complejo Metamórfico. La mayoría son diques subverticales de hasta 5 m de espesor, pero hay cuerpos subhorizontales de hasta 20 m de espesor (ver la ocurrencia de citrina en el mapa). La mayoría de las intrusiones son de composición microfeldespática con poco cuarzo o minerales máficos. Hay también microgranitos y pórfidos de cuarzo o biotita.

También se encuentran diques microfeldespáticos cerca de Guamote.

2.3.3 Pegmatitas: cerca del Río Cugusha hay pegmatitas cuarzo-feldespáticas pequeñas, relacionadas a los márgenes de diques microfeldespáticos y xenolitos esquistosos dentro de la intrusión microfeldespática horizontal.

Por la carretera cerca del Río Abanico hay bolsas pegmatíticas hasta 20 cm de largo dentro de la "metagrauvaca". Hay turmalina, barita? y sulfuros de cobre en las bolsas.

2.3.4 Vetas: vetas de calcita son prominentes en la zona "oceánica" por Huarguallá especialmente asociadas con las metalavas espilíticas por donde hay bloques sueltos de cristales de calcita de hasta 30×20×20 cm de tamaño.

También hay vetas pequeñas de calcita en las metalavas verdes de Laguna Atillo y en las rocas ferruginosas más al este.

Vetas de cuarzo son prominentes en muchas litologías del Complejo Metamórfico. En la mayoría de los casos las vetas siguen a la primera esquistosidad (S1), pero en ciertos lugares se nota vetas por S2 o plegadas ptigmaticamente por D2.

3. ESTRUCTURA Y METAMORFISMO

Al extremo oeste de la geotravesía las rocas "molásicas" de Guamote-Cebadas son de muy bajo grado metamórfico. Demuestran primero pliegues (D1) isoclinales a apretados con un clivaje penetrativo paralelo a las capas en actitudes suaves, plegados por pliegues D2 suaves a abiertos con clivaje de crenulación en rocas pelíticas con rumbo 70°.

Este patrón (zona plana de S1 y S2 transandino) sigue al este hasta la zona oceánica de Huargualllá donde S1 está subvertical y S2 tiene un rumbo Andino.

Más al este sigue el grado bajo de metamorfismo en las metalavas de Laguna Atillo donde hay una extensa zona de cizalla que forma lentes tectónicos en las lavas y cherts. Esta zona está muy marcada en las fotos aéreas y la foliación asociada tiene un buzamiento al oeste. Pero la zona no demarca un cambio de litología ni grado de metamorfismo y puede ser interpretada como un movimiento horizontal.

El cambio más marcado de grado de metamorfismo viene al oeste de Purshi donde empiezan afloramientos de esquistos y gneises menores con minerales metamórficos como biotita y granate. Es probable que la línea divisoria sea tectónica y represente la continuación del frente Baños del norte y que las rocas de más alto grado representen al complejo núcleo metamórfico de la Cordillera Real.

Al este de San Francisco, el Complejo Metamórfico es de bajo grado metamórfico y marcado por dos clivajes penetrativos (S1 y S2) y zonas de interferencia con D3 que lleva un clivaje de crenulación (S3). Por la mayor parte del sector S1 y S2 son subparalelos y planar axial a los pliegues D1 posibles dibujados en el mapa. Estos pliegues, si existen, tienen que ser verticales y apretados con hundimientos suaves (probablemente al sur). Pero por el Río Abanico S1 está más suave y plegado por S2 subvertical indicando que los pliegues/estructuras de D1 cambian de vertical a horizontal hacia el este por este sector. Por el Río Abanico hay fallas ("slides") por los flancos de pliegues D2.

4. CORRELACIÓN E INTERPRETACIÓN

Al oeste de la geotravesía se puede interpretar una zona múltiple de colisión con ofiolitas y el antearco por Huarguallá pasando al este a una zona de arco de isla o arco continental hasta el “núcleo metamórfico” que puede representar el continente. Esta zona de colisión está cortada por intrusivos de edad de alrededor de 70 Ma (Hall y Calle, 1982) y también lleva zonas de movimiento horizontal como se ha notado cerca de Atillo.

En el este aflora una secuencia supracortical que puede ser una cuenca trasarco o una cuenca marginal. Es posible que esta secuencia siga hasta Macas y tenga relación con la Formación Santiago de edad Jurásica.

5. GEOLOGÍA ECONÓMICA

5.1 Minerales metálicos

5.1.1 Oro: Unos granos de oro fueron encontrados en el bateado en los Ríos Upano, Playas y Abanico y en la Quebrada Pancún. La gente indígena dice que se lava oro más arriba en el Río Abanico. No se puede hablar ahora del potencial aurífero de la zona, pero existe la posibilidad de que el complejo plutónico monzonítico en el este del corte sea análogo al granito aurífero de Zamora por litología, edad y forma del intrusivo.

Una muestra sacada por I. Verset (Misión Belga) de “metagrauvaca” con mineralización de calcopirita al sur de la Quebrada El Retiro contiene trazas de oro determinadas por análisis químico.

5.1.2 Cobre, Zinc y sulfuros: en la serpentinita de Huarguallá hay pequeñas vetas de calcopirita? alteradas a malaquita.

También en el mismo sector hay índices de calcopirita asociada con xenolitos de lutita negra en vetas de calcita que cortan las metalavas espilíticas.

Más al norte en la ofiolita de Peltetec encontraron una pequeña veta (± 3 cm) de blenda en la zona donde habíamos visto mineralizaciones de cobre.

En las metalavas verdes de Laguna Atillo hay pequeños índices de calcopirita asociada con pirita.

Hay vetas de cuarzo hasta 50 cm de ancho, a lo largo de S1, que llevan pirita, calcopirita/bornita dentro de las rocas ferruginosas de grano fino en el Río Abanico.

Las cuatro ocurrencias de “metagrauvaca” con cuarzo azul clástico llevan trazas de calcopirita con pirita a lo largo de vetillas de difusión de cuarzo o en la masa de la roca que puede llevar hasta 5% de sulfuros de hierro.

Esta Formación es la litología más notable por el contenido de sulfuros del sector San Francisco-Macas, aunque hay otras litologías (rocas ferruginosas, grafíticas y metavolcánicas) que también llevan bastante pirita. Es probable que la Formación "metagrauvaca" tenga mineralización de tipo "stratabound" singenética la cual puede ser concentrada por zonas tectónicas como narices de pliegues.

5.1.3 Hierro y Manganeso: hay dos sectores donde hay rocas de grano fino de color negro/marrón de aspecto ferruginoso. En el oeste por la zona "oceánica" hay rocas de esta clase asociadas con cherts y lavas que vienen con aspecto de "*umbers*".

En el este las rocas ferruginosas forman parte de la secuencia supracortical de una cuenca marginal?. Las Formaciones ferruginosas podrían tener espesores hasta de un kilómetro (ver interpretación estructural en el mapa) y podrían llevar manganeso. Las muestras sacadas por análisis químico tienen un contenido limolítico y no tienen potencial económico, pero puede ser que haya sectores donde el contenido metálico sea más concentrado.

En los cherts blancos cerca de Laguna Negra hay bandas manganíferas de uno o dos milímetros asociadas con pirita y siderita.

5.1.4 Magnesio: en la serpentinita de Huarguallá hay vetillas de magnesita, algunas con cristalitos euhedrales y translúcidos hasta de 1 cm de largo.

Hay esquistos de talco cerca del Río Cugusha (ver Talco).

5.2 Rocas y minerales no-metálicos industriales

5.2.1 Arcilla: cerca del Río Cugusha (por la carretera) y otros lugares cercanos hay arcillas cuaternarias de hasta 2 m de espesor. Muestras han sido enviadas al Proyecto no-Metálicos para análisis.

5.2.2 Asbesto: asbesto crisotilo está bien desarrollado en la serpentinita de Huarguallá. En los niveles estructuralmente más bajos, por unos 5 m de espesor, el asbesto se forma en fibras ("*slip fibers*") paralelas a lo largo de planos de movimiento tectónico en la serpentinita. Estos planos tienen una separación de 1 a 3 mm y son más gruesos por arriba. Más arriba la serpentinita (ca. 5 m) es más masiva y el asbesto forma un "stockwork" por fracturas que separan bloques de serpentinita, hasta 20×10×10 cm de tamaño. En las vetillas el asbesto forma "*slip fibers*" en forma de masas verde-pálidas hasta 7×2×1.5 cm de tamaño. En las vetillas el asbesto está asociado con magnesita.

En Riobamba (a una hora de Huarguallá) hay una fábrica que utiliza asbesto importado para fabricar tubería. La ocurrencia de Huarguallá podría ser estudiada como una fuente alternativa. Muestras han sido enviadas al Proyecto no-Metálicos para estudios.

5.2.3 Carbonatos: vetas de calcita son prominentes en las metalavas espilíticas? por la zona de Huarguallá. Hay bloques de cristal de calcita lechosa hasta el tamaño de 30×20×20 cm, los cuales con un martillazo se rompen en cristales individuales más pequeños.

Al NE de Huarguallá, en el Valle de Alao hay una concesión que se dice explota vetas de calcita para carbonatos.

Un solo bloque de caliza (mármol) fue encontrado en la sección de Huarguallá. La roca es de color gris obscuro y de grano fino.

En algunas partes de la sección de Huarguallá hay capas de travertino de 1 cm de espesor que cubren las rocas nuevamente expuestas.

5.2.4 Cuarzo-citrina: se observa unos pequeños cristales de citrina (cuarzo de color amarillo) en pegmatitas asociadas con los intrusivos microfeldespáticos.

5.2.5 Feldespato: las intrusiones menores microfeldespáticas contienen casi puro feldespato de grano fino. La mayoría son alteradas, pero hay un dique relativamente fresco (ver feldespato en el mapa).

5.2.6 Grafito: filitas y esquistos con grafito son comunes a lo largo de la geotravesía. Los afloramientos con el más alto contenido de carbón ocurren en la sección de Huarguallá en bandas de 1-2 m de espesor.

5.2.7 Piedra ornamental: los bloques de la serpentinita de Huarguallá que se pueden obtener hasta de tamaños 20×10×10 cm servirían para la industria artesanal local turística, elaborando ceniceros, figuras, adornos, etc. La serpentinita es muy atractiva, de color negro con manchas de verde-amarillo.

Hay bloques rodados en el Río Salado Grande de un “gabro” con megacristales hornbléndicos negros hasta de 1 cm de largo dentro de una matriz hornblenda-feldespato de grano medio. Los planos de clivaje de la hornblenda brillan. Esta piedra serviría como revestimiento en la fachada de edificios.

5.2.8 Talco: cerca del Río Cugusha por la carretera hay bandas de hasta 2 m de espesor de un esquisto blanco de material talcoso dentro de esquistos pelíticos. Se ha mandado muestras al Proyecto no-Metálicos para identificar el material (que puede ser sericita fina).

5.2.9 Turmalina: Cerca del Río Abanico por la carretera hay bolsas pegmatíticas hasta 20 cm de largo, dentro de cuarcita, que contiene una zona de feldespato por los márgenes y turmalina negra (chorlo) dentro en forma de intercrecimiento con pirita y barita?.

6. RECOMENDACIONES

6.1 Estudios detallados de las rocas ofiolíticas/oceánicas

La identificación, en la zona Peltetec- Huarguallá-Río Cebadas, de una zona de ofiolitas y sedimentos oceánicos asociados, tendrá una importancia geológica como económica. A pesar de la notación por las travesías e índices de cobre, zinc, magnesio y asbesto, y una anomalía geoquímica de níquel (Peltetec), hay también posibilidades de encontrar cromo y manganeso y metales más raros como platino.

El Proyecto ejecutará estudios detallados en el próximo año (1987), después de finalizar esta etapa de diagnóstico y análisis de los resultados de 1986 y de los métodos de prospección utilizados en otras partes del mundo.

6.2 Estudios detallados de la cuenca Oriental y plutones asociados

Por la travesía en la Quebrada El Retiro hasta Macas se ha notado un complejo metamórfico-plutónico con indicios de mineralización que merece estudios más detallados. Las rocas metamórficas son de una cuenca volcanosedimentaria con mineralización de sulfuros (incluso de calcopirita) en forma “stratabound” y Formaciones ferruginosas y posiblemente manganíferas.

Las intrusiones que cortan el complejo varían de ultrabásicas? gabro/dolerita, diorita, monzonita y granodiorita hasta aplogranito y pegmatitas, y pueden llevar su propia mineralización.

7. REFERENCIAS

HALL M. L. y CALLE J. (1982) Geochronological control for the main tectono-magmatic events of Ecuador. Earth-Sci. Rev. 18, pp. 215-239

SAUER W. (1965) Geología del Ecuador. Editorial del Ministerio de Educación, Quito, 383 pp.

Dr. Martin Litherland   Ing. Ramiro Bermúdez

PROYECTO CORDILLERA REAL

ADJ. Mapa geológico estructural (2)
Mapa ubicación muestreo petrológico (2)
Mapa ubicación muestreo geoquímico (2)

INEMIN

INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

No. 5042

QUITO, NOVIEMBRE 11, 1986

PARA	:	GERENTE TÉCNICO
DE	:	ING. FRANCISCO VITERI y DR. JOHN ASPDEN PROYECTO CORDILLERA REAL
ASUNTO	:	Informe Técnico de la comisión de servicios a Paute, Amaluza, Méndez y Alausí; Osogochi y Palmira; realizada del 29 de septiembre al 15 de octubre de 1986

SUMARIO:

Los trabajos de investigación geológica y geoquímica correspondientes a la presente comisión pertenecen a la finalización del Corte No. 8 (Cuenca, Méndez, Gral. Plaza, Gualaceo) en su sector norte, el mismo que dio inicio desde la población El Descanso (Paute), pasando por Amaluza hasta llegar por travesía a pie a Méndez, dentro del cinturón metamórfico de la Cordillera Real.

Paralelamente al estudio de investigación geológica se realizó un muestreo geoquímico de sedimentos fluviales y minerales pesados en los drenajes de interés, así también un muestreo petrográfico en afloramientos de importancia.

Se efectuó además un reconocimiento geológico por los sectores de Alausí, Zula (Totoras) y Palmira; Azogues, Pindilig y Cañar-Ingapirca, con el propósito de poder localizar indicios de complejos ofiolíticos localizados más al norte (Litherland, Bermúdez, 1986).

Las poblaciones de Paute y Amaluza pertenecen a la provincia del Azuay, mientras que Guarumales y Méndez a la jurisdicción de Morona Santiago, formando así el eje de estudio de la presente comisión, localizadas estas poblaciones en la Sierra austral y en la región Oriental respectivamente.

Las altitudes varían considerablemente, consecuencia de esto, la climatología de cada sector no es uniforme, Paute tiene una altitud de 1940 msnm, llegando a Guarumales a 1600 msnm, finalmente Méndez con una altitud de 1000 msnm.

Dentro del marco geológico, el área de investigación se encuentra representada de oeste a este por metavolcánicos (Serie Paute?), luego una predominancia de rocas pelíticas, para pasar a rocas intrusivas pertenecientes a la granodiorita de Amaluza (Kennerley, 1980), luego rocas psamíticas y pelíticas del Complejo Metamórfico y finalmente la serie de rocas sedimentarias de edad cretácica.

Dentro de la secuencia pelítica (especialmente filitas) existe la presencia de grafito, en buena proporción, así también con minerales de Fe en alteración, frecuentemente se ha podido observar cuarzo en forma de lentes?.

Las rocas psamíticas (principalmente cuarcitas), presentan una textura de grano muy fino con predominancia lógicamente de cuarzo y foliación débil en unos casos.

Más al oeste se puede observar una intercalación de rocas psamíticas y pelíticas principalmente filitas y esquistos con pirita y rodados en las quebradas principales de metavolcánicos.

Finalmente, muy cerca de Méndez ya podemos visualizar la secuencia sedimentaria de edad cretácica principalmente calizas con fósiles intercalados con filitas grafitosas (Fm. Napo) luego areniscas con marcas de ripple marks de la Fm. Hollín?.

En lo referente a geología económica existen informaciones de la presencia de oro aluvial en las quebradas principales que desembocan por la margen izquierda del Río Paute. Una concentración de sulfuro masivo? fue localizada en la población de Guarumales, con abundante pirita y minerales de cobre, se han realizado muchos bateados, encontrándose minerales, principalmente trazas de hierro y cobre?.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivos

Dentro de esta comisión se ha recorrido por las hojas geológicas ya publicadas de Azogues y Cañar y los cuadrángulos de Sucúa y Méndez (donde no existe información alguna), escala 1:100000, cumpliendo lógicamente los objetivos ya propuestos en informes técnicos anteriores, es decir, la determinación geológica regional, estructura y mineralizaciones asociadas al complejo metamórfico de la Cordillera Real, estudios que se están llevando a efecto con la Asistencia Técnica del Gobierno Británico.

Luego se realizaron travesías de reconocimiento geológico por Alausí, Osogochi, Palmira y de Cañar a Ingapirca, con el único objetivo de poder localizar más al sur indicios de ofiolitas reportadas en comisiones anteriores, realizadas por el Proyecto Cordillera Real.

1.2. Personal asignado

La comisión estuvo integrada por:

Ing. Francisco Viteri S.	INEMIN
Dr. John Aspden	ODA
Sr. Kerley Jurado	Chofer/INEMIN

La misma que se efectuó del 29 de septiembre al 15 de octubre de 1986.

1.3 Características geográficas y humanas

El área de investigación se ubica en el sur del país, y localmente al noreste de la ciudad de Cuenca. El acceso desde Paute hasta Guarumales es bueno, existiendo una travesía que se la hace a pie para llegar a Méndez, de aproximadamente 50 km. Topográficamente pertenece a la región subandina situada en el flanco este de la Cordillera Real, y parte del sector sur de la Cordillera de Allauquiru, el corte se lo hizo siguiendo la margen derecha del Río Paute siendo éste la principal red hidrográfica de la zona.

La climatología y vegetación es variada, existen dos tipos de clima bien diferenciados, el frío de la región Andina (partes altas) y templado de la región Subandina; en las partes bajas (Méndez, Patuca) existe un predominio del clima tropical húmedo con temperaturas promedios de 30° C.

La vegetación es variada y amplia con gran variedad de árboles madereros y frutales, también tiene un amplio desarrollo la industria ganadera.

La región cuenta con un gran proyecto de importancia nacional, como es el Proyecto Hidroeléctrico Paute, que genera energía eléctrica a una buena parte del territorio Nacional, esto ha ayudado en parte al asentamiento de colonos en sectores de la región estudiada.

Hay una pequeña actividad minera dedicada a la explotación de oro aluvial.

El drenaje dentro del área de investigación lo forman los Ríos Paute y Negro cuyas aguas llegan al Upano, luego se denomina Río Namangoza, constituyendo todo este conjunto la vertiente alta de la Cuenca Hidrográfica del Río Santiago, afluente principal del Marañón que con el nombre de Amazonas desemboca en el Atlántico.

1.4 Trabajos previos

Dentro del área de investigación pocos han sido los trabajos de geología realizados a escala local, existiendo únicamente los siguientes de tipo regional:

- Geología del Ecuador por W. Sauer (1965)
- Mapa geológico por Baldock (1982)
- Hoja geológica Azogues por Bristow (1972)

1.5 Metodología de trabajo

- Compilación de la información geológica existente.
- Comprobaciones de campo, recorrido vial y travesía a pie.
- El levantamiento geológico-estructural se lo hizo a base de itinerarios sistematizados durante los cuales se recogieron muestras petrográficas en un número de 86 puntos de muestreo, así también 39 de sedimentos fluviales y 10 de pesados, los mismos que se analizarán en el laboratorio previo a su respectivo examen macroscópico.
- Para la elaboración del Mapa de Afloramientos (Geológico) y de puntos de muestreo, se utilizaron las hojas topográficas de Azogues, Guachapala y Cola de San Pablo, las planimétricas de Galápagos y Méndez, todas éstas a una escala aproximada 1:50000.

1.6 Geomorfología

Geomorfológicamente se encuentran dos grandes paisajes típicos, de un perfil transversal del sector estudiado, la región Andina y la Subandina que empieza aproximadamente desde el nacimiento del Río Paute y parte de la región Amazónica que consiste en un gran valle angosto del sector sur del Río Upano.

La Cordillera Real localizada en la región estudiada es la más alta e irregular, consistente de un núcleo paleozoico de rocas metamórficas recubiertas por rocas volcánicas recientes (Fm. Tarqui) e interrumpidas por pequeños plutones ej. el de Amaluza, posiblemente asociados a zonas de fallas y la región Amazónica donde se encuentra principalmente depósitos sedimentarios de edad cretácica cubiertos en buena parte por sedimentos cuaternarios.

2. GEOLOGÍA

Como en el caso de las travesías anteriores, llevadas a cabo por el Proyecto Cordillera Real, se debe tener en cuenta que la siguiente interpretación es preliminar y que puede ser modificada en el futuro. Al momento de escribir el informe, no se dispone de láminas delgadas, y por lo tanto la nomenclatura de varios tipos de rocas se basa tan sólo en la identificación macroscópica de las muestras disponibles.

El único estudio geológico local en el área de investigación fue realizado por Bristow et al., los cuales llevaron a efecto el mapeo geológico a escala 1:100000, entre Paute al oeste, y Guarumales al este. Sus descubrimientos han sido raramente incluidos en las Hojas geológicas publicadas de Cañar y Azogues. La sección oriental de la travesía, desde Guarumales hasta Méndez, no ha sido previamente mapeada, y aquí se presenta por primera vez un bosquejo de la geología del área.

Las variadas unidades litoestratigráficas reconocidas, se describen abajo. Se debe tener en cuenta que los depósitos cuaternarios más jóvenes presentes, particularmente en el área de Paute, no son descritos en este informe.

3.1 Serie Paute

Nombre originalmente dado por Bristow et al. (1980) para describir las rocas metavolcánicas y metasedimentarias, que afloran aproximadamente entre Paute al oeste y Amaluza en el este. La unidad metavolcánica se denomina los metavolcánicos de San Francisco, y la metasedimentaria como los Esquistos de El Pan. Estos nombres serán utilizados aquí por su mayor conveniencia.

3.1.1 Metavolcánicos de San Francisco

Esta unidad consiste básicamente de volcánicos alterados de coloración verde-sucio, los cuales incluyen aglomerados, lavas y tobas. Algunos horizontes pueden también contener pillow lavas pobremente preservadas. Además, se ha podido observar horizontes metasedimentarios menores que consisten principalmente de filitas verdes y negras, en los principales afloramientos volcánicos, y estas unidades más finas demuestran claramente dos fases de deformación.

Las metavolcánicas se considera que están compuestas de andesitas alteradas, pero hacia el sur de Paute, pueden existir variedades más básicas. Fenocristales tanto de hornblenda como de feldespato se han encontrado especialmente en los tipos aglomeráticos, los cuales son comunes alrededor del área de Paute. Las alteraciones aparentemente consisten en gran parte de cloritización y carbonatización, no se encontraron muestras frescas de volcánicos en esta travesía.

El contacto oriental con los Esquistos de El Pan cerca de la Loma Nuñurcu no fue visto. De todas maneras, la presencia de un alto porcentaje de bloques metavolcánicos a lo largo del camino sugiere que la unidad más competente San Francisco podría estar separada de la secuencia menos competente y semipelítica, al este por una gran falla.

Al norte, una secuencia de metavolcánicos se encuentra también expuesta a lo largo del camino al oeste del Batolito de Amaluza, nosotros consideramos que estas rocas representan la continuación septentrional de los metavolcánicos de San Francisco. Estas rocas a menudo son masivas, pero contienen también intercalaciones metasedimentarias de filitas, cuarcitas y cuarcitas feldespáticas?, el límite sur de la secuencia corresponde a la falla que cruza el camino a Amaluza, aproximadamente a 1 km al sur de la Quebrada San Isidro. Esta falla puede controlar en parte los rumbos transandinos registrados en esta área. Su límite oriental se asume que corresponde a una falla regional mayor, la cual separa la Serie Paute de las rocas metamórficas más antiguas de la Cordillera Real. Se debe poner énfasis que esta falla no fue vista en el campo, de todas maneras, en vista de los diferentes aspectos de las rocas al este y oeste del Batolito de Amaluza, y a la información proporcionada por la geotravesía llevada a cabo al norte, nosotros consideramos que es muy probable que un contacto tectónico mayor exista dentro del área de Amaluza.

El principal afloramiento de los esquistos de El Pan, contiene también rocas metavolcánicas las cuales se encuentran bastante expuestas en la Quebrada Honda. Estas rocas son similares a aquellas encontradas en la unidad de San Francisco, pero su composición estructural es incierta.

3.1.2 Esquistos de El Pan

Esta es una secuencia dominante, semipelítica que consiste de filitas negras, a menudo grafíticas; filitas feldespáticas verdes (volcánicas?); filitas calcáreas; calizas negras sucias y cuarcitas. Vetas y segregaciones de cuarzo y pirita son bastante comunes a lo largo de la secuencia.

Los esquistos de El Pan se encuentran cortados por una serie de diques de felsita y otras intrusiones menores, las cuales han sido deformadas. Fenocristales de felsita expuestos en el área de la Quebrada de Ramos pueden ser compuestos, ya que parecen tener unos márgenes básicos.

Cerca del contacto occidental con los metavolcánicos de San Francisco, se encuentra presente un relleno félsico, el cual forma la Loma Nuñurcu. Este relleno no está deformado, y se presume que pertenece a la era post-Mesozoica.

3.2 Batolito de Amaluza

Esta intrusión se encuentra bien expuesta a lo largo del camino Amaluza-Guarumales, en los sitios en los que se ha encontrado el afloramiento, parece tener una composición uniforme, consistente de tonalita, hornblenda, biotita de grano medio y textura uniforme, pequeños xenolitos básicos fueron también observados.

De acuerdo con Baldock (1982) el plutón tiene una datación K-Ar (Hornblenda, Biotita) de 49 ± 2, e intruye claramente tanto a la Serie Paute como a las rocas metamórficas más antiguas al este?. Tiene un margen silicificado de hornfels, el cual contiene pirita diseminada y tal vez galena.

3.3 Unidad Guarumales-Yerbabuena

Al momento, consideraremos que las rocas metamórficas que se encuentran expuestas aproximadamente entre Guarumales al oeste y Río Yerbabuena al este, pertenecen a la misma unidad litoestratigráfica. De todas maneras, se debe anotar que hacia el este de Guarumales, los afloramientos son esporádicos, y por lo tanto la división de esta unidad en cinturones litológicos solo puede ser considerada en forma aproximada.

Como se mencionó anteriormente, el contacto oriental de esta secuencia con la Serie Paute, se considera que es una falla regional mayor, pero la posición exacta de esta falla continúa incierta. Inmediatamente al este del Batolito de Amaluza, las rocas metamórficas aparecen más altamente deformadas y pueden incluir cinturones miloníticos. Igualmente, la presencia de granates y sillimanita podría indicar que estas rocas fueron de un mayor grado metamórfico que aquellas de la Serie Paute.



Estas observaciones serán chequeadas cuando las láminas delgadas se encuentren disponibles, pero si las milonitas son confirmadas, entonces será lógico colocar la falla tectónica entre la Serie Paute y la Unidad Guarumales-Yerbabuena al este del Batolito de Amaluza, y no donde se encuentra actualmente, a lo largo de su margen oriental. Basados en consideraciones regionales, creemos que esta falla pertenece probablemente a al periodo Jurásico-Cretácico Temprano (Aspden et al., en prensa) y es posible por lo tanto que en esta área se haya obscurecido por el plutón más joven de Amaluza.

Litológicamente la unidad de Guarumales-Yerbabuena consiste de una variedad de tipos de rocas, algunos de los cuales requieren estudios de lámina delgada para su identificación positiva. En el extremo oriental cuarcitas, cuarcitas feldespáticas y filitas en parte grafíticas, son dominantes. Horizontes volcánicos menores también se encuentran presentes al oeste de Guarumales. Al norte del Río Cuilches una secuencia más masiva de metavolcánicos se encuentra expuesta, y estas rocas son bastante similares a aquellas de la Unidad de San Francisco al oeste. Al igual que con muchas de las anteriores, restos de texturas primarias aún son discernibles en estas rocas, y ellas pueden de hecho representar un lente de falla de los metavolcánicos de San Francisco dentro de la unidad Guarumales-Yerbabuena. En otro lado, dentro de la unidad Guarumales-Yerbabuena las rocas, con la excepción de los horizontes filíticos tienen una apariencia más esquistosa.

Al este de Guarumales esquistos cuarzosos y filitas negras y verdes continúan siendo la litología dominante, pero las rocas cuarzosas a menudo muestran un color azulado distintivo. Esta secuencia pasa hacia el este a otra consistente especialmente de esquistos cuarzosos, feldespáticos de un color verde pálido, los cuales se encuentran también asociados con filitas verdes y negras. Este cinturón está seguido de una ancha faja de filitas y en el extremo este otra secuencia de esquistos verde-pálidos se encuentra presente. En el campo, a estas últimas rocas se las conoce como esquistos verdes y sugerimos que posiblemente éstas se derivan de una matriz volcánica.

3.4 Secuencia jurásica?

al este del río Yerbabuena, se encuentran presentes rocas metamórficas de bajo grado consistentes principalmente de filitas. Este cinturón se halla pobremente expuesto y la presencia de esquistos verdes dentro del cinturón puede indicar que el contacto con la unidad Guarumales-Yerbabuena es complejo.

Filitas negras cuarzosas, expuestas en el Río Yerbabuena, son litológicamente idénticas a aquellas presentes al oeste de Macas (Litherland y Bermúdez, 1986) también la presencia de clastos volcánicos sueltos en el Río Pescado sugiere que estas rocas puedan ser de edad Jurásica.

3.5 Secuencia Napo

El contacto de la secuencia Napo con las rocas Jurásicas no fue visto, pero en un pequeño río en La Margarita se observó bloques de brecha, los cuales parece que contienen clastos del cinturón jurásico. Esto se podría tomar en cuenta para representar el contacto aproximado entre éstas dos secuencias. La secuencia Napo generalmente está pobremente expuesta, pero consiste predominantemente de calizas negras o púrpuras, filitas calcáreas y no-calcáreas y rocas consolidadas de limo. Bloques fosilíferos son bastante comunes en los rodados, pero desafortunadamente ninguno de ellos fue encontrado in situ. Hacia Méndez se encuentra presente un afloramiento a un lado de un pequeño camino en una cantera, la cual consiste de cuarcitas masivas de estratificación cruzada, de un color café claro, y en el Río Ochansu está expuesta cuarcita de grano fino, sucia y de un color negro-púrpura. En el rodado, las calizas calcáreas a menudo fosilíferas son bastante comunes. Hacia el este de este punto, no se vio más exposiciones ya que los márgenes del Valle Paute están en su totalidad cubiertos por terrazas de depósitos en la unión del Río Paute con el Río Negro, de todas maneras, la secuencia Napo vuelve a presentarse en el lecho del río.

A pesar de que la falta de afloramientos expuestos, evita una interpretación estructural detallada de la sucesión Napo y Jurásica, parece que estas rocas se sumergen moderada y uniformemente al oeste. Un clivaje penetrativo bien desarrollado (S1?) se encuentra presente en la secuencia Jurásica, de todas maneras los clivajes dentro de la secuencia Napo parecen estar restringidos, y pueden estar relacionados a angostas zonas tectónicas (completamente controladas?).

4. GEOLOGÍA ECONÓMICA

Al momento de escribir el informe, los resultados analíticos de las muestras de sedimentos fluviales recogidas durante la travesía no se encuentran disponibles, a pesar de lo cual la información que sigue puede ser interesante, y alguna requerirá de un estudio posterior más detallado.

4.1 Grafito: Este mineral es común en los esquistos de El Pan como también en la unidad de Guarumales-Yerbabuena. Probablemente es muy fino como para ser utilizado comercialmente, pero una muestra del Río Chalacay ha sido enviada a la Misión Alemana.

4.2 Plomo ± Molibdeno ± Zinc: Anomalías geoquímicas han sido reportadas en la Quebrada Pahuancay, Quebrada Jordán, Quebrada Jurupillos y Quebrada Chontal, por Bristow et al. (1980). Pequeñas cantidades de plomo también han sido reportadas por estos mismos autores, asociadas con el Batolito de Amaluza en su contacto oriental.



4.3 Cobre/pirita: Pirita masiva, calcopirita, junto a bornita y poca galena se encuentra expuesta cerca a una secuencia esquistosa/filítica casi vertical cerca de Guarumales. Muestras de este tipo han sido enviadas para análisis de mineralización de oro y plata a los laboratorios de INEMIN. Si la muestra contiene valores razonables de metales preciosos, entonces se llevará a cabo estudios posteriores en el área.

En otros sectores la pirita es bastante común, especialmente en las rocas filíticas de los esquistos de El Pan en la secuencia Guarumales-Yerbabuena. De todas maneras, las ocurrencias probablemente son de poco valor comercial.

4.4 Oro: No fue encontrado en el bateo, a pesar de que se ha reportado ocurrencia de oro en el Río Paute, y que este es trabajado por nativos locales. Estas áreas aluviales se encuentran especificadas en el mapa adjunto.

5. REFERENCIAS

BALDOCK J. W. (1982) Geología del Ecuador. Boletín de la explicación del Mapa Geológico de la República del Ecuador, escala 1:1000000. DGGM, Quito.

BRISTOW et al. (1975) Cañar, Hoja 72 (escala 1:100000) Mapa geológico del Ecuador.

BRISTOW et al. (1980) Azogues, Hoja 73 (escala 1:100000) Mapa geológico del Ecuador.

LITHERLAND M. y BERMÚDEZ R. (1986) Informe técnico de la comisión a Guamote-Macas, INEMIN

Ing. Francisco Viteri   Dr. John Aspden

PROYECTO CORDILLERA REAL

BRIGADA No. 2

ADJ.   Mapa geológico
Mapa de muestreo de sedimentos y petrográfico

INEMIN INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

No. 4017

QUITO, SEPTIEMBRE 24, 1986

PARA : GERENTE TÉCNICO

DE : ING. FRANCISCO VITERI y DR. JOHN ASPDEN
PROYECTO CORDILLERA REAL

ASUNTO : Informe Técnico de la comisión de servicios a Nambija y Limón (Gral. Plaza) – Gualaceo, realizada del 6 al 22 de agosto de 1986

SUMARIO:

Los trabajos realizados durante la presente comisión se enfocaron en el corte No. 8, desde la población de Limón (Gral. Plaza) hasta Gualaceo, dentro de la faja metamórfica de la Cordillera Real, (Mapa geológico, Baldock, 1982), y en un breve reconocimiento de las zonas de Nambija y Guaysimi.

El estudio geológico (Limón-Gualaceo) se realizó a través del carretero y pequeñas travesías, paralelamente a este trabajo se efectuó un muestreo geoquímico de sedimentos fluviales y minerales pesados en los drenajes de principal importancia.

Las zonas de Gualaceo perteneciente al Azuay y, Limón a Morona Santiago, forman el eje de estudio de la presente comisión, localizadas estas poblaciones en la Sierra austral y en la región Subandina respectivamente; Gualaceo se encuentra a 2200 msnm y Limón (Gral. Plaza) a 1050 msnm.

Dentro del marco geológico el área de investigación se encuentra representada por rocas del Complejo Metamórfico, intrusivos y sedimentarios con un metamorfismo incipiente (Fm. Napo?), además rocas volcánicas cretácicas y recientes.

El Complejo Metamórfico puede tratarse de la Serie Zamora consistente de filitas, pizarras, esquistos y cuarcitas, dentro de este corte se ha podido observar que este Complejo se halla intruido por rocas de tipo tonalitas y dioritas con predominancia de hornblenda. Ver Mapa No. 1.

Los sedimentos (Fm. Napo?) ubicados al este, muy cerca al poblado de Plan de Milagro, se encuentran metamorfizados en bajo grado. Sedimentos consistentes de calizas negras con vetillas de calcita y filitas, pudiéndose observar fósiles dentro de este conjunto.

Los volcánicos han sido localizados en el oeste del corte, en parte se encuentran metamorfizados y tectonizados con pirita diseminada, perteneciente al Grupo Paute de edad cretácica.

La Formación Tarqui (Pleistoceno) consistente de tobas, conglomerados, ha cubierto una buena parte de rocas más antiguas.

En lo que se refiere a la geología económica, se puede decir de la existencia de pocos indicios minerales metálicos y no-metálicos.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivos

El estudio de investigación geológica de la faja metamórfica de la Cordillera Real, que se está llevando a efecto con la Asistencia Técnica del Gobierno Británico tiene como objetivo básico la determinación geológica regional y local, estructura y mineralización asociada a este complejo metamórfico. Conjuntamente se llevó a efecto el muestreo geoquímico de sedimentos fluviales, minerales pesados y rocas.

Dentro de esta comisión se ha cubierto una buena parte de la Hoja geológica Azogues, ya publicada, y parte de las Hojas Sigsig y Méndez que se encuentran en estudio, todas éstas a escala 1:100000.

1.2. Personal asignado

La comisión estuvo integrada por:

Ing. Francisco Viteri	INEMIN
Dr. John Aspden	ODA
Sr. Oscar Acosta	Chofer/INEMIN

La misma que se efectuó del 6 al 22 de agosto del presente año (1986).

1.3 Características geográficas y humanas

El área de investigación se ubica en la zona austral del país, al sureste de la ciudad de Cuenca, la accesibilidad se posibilita a través de un carretero de tercer orden (clasificación, según especificaciones del MOP).

Topográficamente corresponde a la región Subandina situada entre las estribaciones de la Cordillera Real y la Cordillera del Cutucú en lo que corresponde al este del corte; hacia Gualaceo la topografía es Andina con terrenos montañosos y altitudes que llegan hasta los 4300 msnm (en carretero).

La climatología y vegetación es variada, existen dos tipos principales de clima, el frío andino en las zonas altas y el tropical húmedo en las zonas bajas. La temperatura promedio anual en la población de Limón es de 19°C. Mientras que en Gualaceo predomina el clima templado. La vegetación se compone de una amplia variedad de árboles madereros, en las partes altas estos disminuyen en cuanto a su tamaño, pero conservan su densidad e inclusive aumentan los arbustos.

La cobertura terrestre se caracteriza por una intervención humana en las partes más bajas.

La actividad minera es incipiente, existiendo en Limón la explotación de arenas silíceas, para la fabricación de vidrio, y en muy pocos ríos existe oro aluvial.

El drenaje está conformado principalmente por los ríos Paute, Yuganza (Culebrillas) y San Francisco, cuyas aguas llegan al Namangoza, constituyendo este conjunto la vertiente alta de la cuenca hidrográfica del Río Santiago afluente principal del Marañón que con el nombre de Amazonas llega al Océano Atlántico.

1.4 Trabajos previos

- Geología del Ecuador por Walter Sauer (1965)
- Mapa Geológico Nacional por Baldock (1982)
- Hoja geológica de Azogues (1980)
- Corte Gualaceo-Gral. Plaza por Trouw (1976)

1.5 Metodología de trabajo

- Compilación de información geológica existente
- Comprobación de campo, recorrido vial
- Muestreo de rocas, sedimentos fluviales y pesados tomándose 45 muestras petrográficas, 19 de sedimentos fluviales y 4 de pesados
- Elaboración del mapa de afloramientos del corte estudiado

1.6 Geomorfología

Desde el punto de vista morfológico, el corte geológico-estructural se puede dividir en dos áreas o sectores: el este de modelado muy irregular que forma un valle angosto a lo largo del Río Yuganza cubierto en su mayor parte por depósitos sedimentarios; y el sector Oeste perteneciente a la Cordillera Real, siendo la más alta e irregular, consistente de un núcleo Paleozoico de rocas metamórficas recubiertas en buena parte por volcánicos recientes (Formación Tarqui), en las estribaciones son interrumpidas por la presencia de plutones probablemente asociado a una zona de fallas.

2. GEOLOGÍA

El esquema geológico realizado en carretera desde Limón, Plan de Milagro, hasta Gualaceo corta de este a oeste al cinturón metamórfico de la Cordillera, pudiéndose así diferenciar en una forma más clara, la existencia de unidades dentro de este cinturón como también zonas de falla y de intrusivos.

Dentro del corte se pudo observar zonas de metamorfismo de bajo grado (al este), una zona tectonizada, unidades pelíticas, semipelíticas, pequeños sectores de rocas calcomagnesianas y finalmente volcánicos del Grupo Paute.

2.1 Plan de Milagro-Gualaceo

Este programa de mapeo geológico y muestreo geoquímico fue ejecutado entre agosto 11 y 22, en el camino principal que cruza la Cordillera Real y que conecta las poblaciones de Plan de Milagro al este y Gualaceo al oeste. Se dispuso de fotografías aéreas de un buen sector de este corte, pero muchas de estas han sido editadas con anterioridad a la construcción de la mayor parte de los caminos existentes, cuya posición, especialmente en el extremo este, tan sólo se puede estimar. Al momento no se ha podido obtener láminas delgadas de las rocas recolectadas y por lo tanto parte de la identificación de las rocas será tentativa. Del mismo modo no se encuentran disponibles los análisis geoquímicos y así los comentarios relacionados con el potencial económico del área son también preliminares.

De este a oeste han sido reconocidos los siguientes tipos de rocas o unidades litoestratigráficas.

2.1.1 Foliación de las argilitas/pizarras

Un cinturón delgado (ca. 0.5-1 km) de foliación en las argilitas (pizarra) de bajo grado, se encuentra expuesto inmediatamente al oeste de Plan de Milagro, estas rocas se encuentran muy alteradas y generalmente poco expuestas, sin embargo, en un afloramiento se pudo observar fósiles pobremente preservados (gastrópodos?).

Estas rocas, se considera, representan sectores de la Formación Napo (o posiblemente la Formación Tena) la cual ha sido deformada y foliada debido al sobrecorrimiento, con dirección este, de las rocas metamórficas de mayor edad de la Cordillera Real. Tan sólo un clivaje penetrativo fue visto y a pesar de ser variable, tiende a inclinarse en forma acentuada al este.

2.1.2 Metavolcánicos / "Zona tectónica"

Inmediatamente al oeste de la argilita foliada, y probablemente separada de ella por una falla mayor (NE-SW?), se encuentra una secuencia masiva de lava félsica. Estas rocas no se encuentran bien expuestas, pero se piensa que están foliadas y se las considera de edad "pre-Napo" (pre-Albiano).

Un segundo cinturón de toba félsica bastante alterada, el cual puede también incluir intrusivos de alto nivel y/o lavas, se encuentra también expuesto hacia el oeste. Estas rocas se encuentran tentativamente correlacionadas con aquellas al este desde donde se separan por lo que se ha interpretado como una zona tectónica mayor. Algunos afloramientos del cinturón volcánico "oriental" se encuentran intensamente cizallados.

La "zona tectónica" que separa los dos cinturones de volcánicos félsicos, consistentes principalmente de filitas negras y filitas grafíticas negras, además de cuarcitas subordinadas y posibles anfibolitas. El ancho de esta zona no se conoce con exactitud ya que la "línea" del camino es aproximada, sin embargo, es probable que sea del orden de 2-3 km.

Dentro de la zona tectónica, varios afloramientos consistentes en rocas miloníticas han sido observados. Se debe poner énfasis en la necesidad de verificar la identificación de estas rocas por estudios seccionales, pero al momento debemos interpretar esta zona como una de gran significancia tectónica en la cual consideramos la separación de las rocas metamórficas antiguas de la Cordillera Real de las rocas más jóvenes, esencialmente de las rocas post-metamórficas del "Oriente".

2.1.3 Cinturón filítico

Este cinturón, que junto al cinturón semipelítico (ver siguiente sección) conforma el total de las rocas "metamórficas de la Cordillera, comienza aproximadamente a 1 km al este del primer tributario con dirección norte (sin nombre) de la rivera sur del Río Ishpingo. Relaciones precisas con las rocas metavolcánicas al este aún no se conocen, sin embargo, el hecho de que esta secuencia ha estado claramente sujeta a por lo menos dos episodios de fuerte deformación, sugiere que tal vez pueda ser de mayor edad.

El tipo de roca más común es la filita negra, con o sin grafito. También se encuentran presentes cuarcitas subordinadas a la vez que filitas verdes/grises las cuales son probablemente de origen volcanoclástico.

2.1.4 Cinturón semipelítico

Al oeste de Ángel Sabio el porcentaje de roca psamítica aumenta gradualmente, y existe una correspondiente disminución en la cantidad de material pelítico. Cantidades menores de filitas verdes (volcanoclásticas?) también se encuentran presentes. El aumento del material psamítico está relacionado a un cambio de facies y a una estructura histórica similar a los cinturones pelíticos y semipelíticos, lo que sugiere que estas rocas pertenecen a la misma unidad litoestratigráfica y pertenecen a la misma edad.

En ambos cinturones los pliegues F2 apretados son relativamente comunes, y S2 se encuentra en muchos casos fuertemente desarrollado. En la secuencia semipelítica las inclinaciones estructurales son generalmente de moderadas a inclinadas y hacia el este, hacia la "línea", sin embargo, hay una zona de aproximadamente 2-3 km de ancho, donde las inclinaciones tienden a aplanarse y los rumbos de S1 son "transcordillera".



En esta área los pliegues de F2 se encuentran bastante expuestos a la vez que suavemente inclinados, pero con tendencias hacia la Cordillera. El límite oriental del cinturón semipelítico se encuentra pobremente definido debido a la falta de exposición, pero la situación estructural un tanto caótica puede posiblemente estar relacionada a un mayor fallamiento/tectonismo a lo largo del margen.

Hacia el oeste de Zapote, pequeñas intrusiones tonalíticas y biotíticas se encuentran expuestas dentro del cinturón semipelítico. A pesar de que esta intrusión se encuentra alterada en algunos sectores, generalmente es fresca y parece no estar deformada. Fueron recogidas algunas muestras para datación, pero en la actualidad se considera que esta intrusión pertenece a una edad posterior al metamorfismo de la Cordillera.

Al este de Zapote, un estrecho cinturón de rocas esquistosas de un aparente bajo grado se encuentra presente. Estas rocas se encuentran pobremente expuestas y su relación con el cinturón semipelítico es desconocida.

En el Río Ishpingo, donde el cinturón se encuentra cortado por el camino principal, fueron encontrados rodados de anfibolita y de anfibolita con granate. De todas maneras, estas rocas no fueron encontradas ‘in situ’.

2.1.5 Cinturón filítico-esquistoso

En el lado oriental de la línea se encuentra una secuencia de filitas y esquistos pobremente expuesta, la cual parece haber sufrido una deformación más intensa que las rocas al este. Este cinturón, se compone de filitas cuarzosas de un color verdoso y de rocas esquistosas, algunas de las cuales contienen cuarzo azul detrítico. Tanto el límite oriental como el occidental se encuentran pobremente definidos, pero al momento se los considera tectónicos, y la relación de estas rocas con respecto al resto de la secuencia de la Cordillera es desconocida.

2.1.6 Grupo Paute

Inmediatamente al oeste del puente que cruza el Río Culebrillas, se encuentran expuestos metavolcánicos verdes deformados (foliados), los cuales se cree pertenecen al Grupo Paute. El contacto con las rocas hacia el oeste no está expuesto, pero se piensa que es tectónico, con una probable significancia regional.

A lo largo del camino principal, el Grupo Paute consiste principalmente de lavas, pero también incluye horizontes félsicos esquistosos y varias intercalaciones sedimentarias de cuarcitas, filitas grafíticas y filitas. Lecturas estructurales muestran constantes rumbos de Cordillera, las inclinaciones son generalmente con dirección oeste. La deformación a la vez disminuye notablemente en la misma dirección y, en el área de Palmas al oeste de las lavas masivas y de los horizontes aglomeráticos del Grupo Paute no se halla bien establecida, pero de acuerdo a Baldock (1982) puede ser paleocénica.

3. GEOLOGÍA ECONÓMICA

Diecinueve muestras de sedimentos fluviales y cuatro de minerales pesados fueron recogidas del corte Plan de Milagro-Gualaceo, las cuales han sido enviadas para análisis en los laboratorios de INEMIN.

Basado en observaciones realizadas en el campo, los siguientes materiales fueron notados:

3.1 Grafito

Este mineral es común en las filitas negras, pero es probablemente muy fino para ser de algún interés comercial. Una muestra de grafito se ha entregado a la Misión Alemana para tener sus comentarios.

3.2 Caolín

El cinturón oriental de los volcánicos félsicos se encuentra bastante alterado y asociado con zonas con posible caolín. El mineral arcilloso es blanco y plástico y una muestra también ha sido enviada a la Misión Alemana para una identificación.

3.3 Vetas de cuarzo

Éstas son comunes a través de la Cordillera y pueden encontrarse asociadas a la mineralización de oro. Se debe anotar, sin embargo, que no se ha encontrado oro en el bateado.

3.4 Pirita

La pirita diseminada es común en las rocas volcánicas del Grupo Paute y también en la intrusión tonalítica sin nombre, recientemente descubierta, al oeste de Zapote.

3.5 Oro

Pequeñas cantidades de oro fueron bateadas en el aluvial del río San Francisco vertiente arriba de Palmas. El origen de este oro es desconocido.

4. COMENTARIOS DE NAMBIJA Y GUAYSIMI

Dentro de la comisión se realizó un estudio geológico regional en las zonas de Nambija y Guaysimi con el propósito de efectuar un reconocimiento y cooperar aún más técnicamente en lo referente a investigación científica. Ciertas muestras que se tomaron en este cruce, fueron enviadas a Inglaterra para que se efectúe el análisis correspondiente en microsonda por parte del BGS (Dr. Tom Shepherd), el mismo que enviará los resultados de los análisis básicamente para oro en fechas posteriores, además se efectuará un estudio general de contenidos de plata, sulfuros, etc. y con esta poder saber con mayor claridad el origen del depósito.



Geológicamente las áreas de Nambija y Guaysimi son similares, constituidas por rocas de contacto entre intrusivas de tipo granodiorita hornbléndica y graníticas, con rocas sedimentarias de composición calcárea, en Nambija, se pudo observar rocas efusivas de composición media y porfiríticas con fenocristales de granate y pirita.

Estructuralmente se pudo determinar con aproximación visual, que la mayor concentración de mineral (oro, sulfuros) en Nambija tiene una dirección N-S con buzamientos de 30° a 35° hacia el este.

En Guaysimi fue difícil observar orientaciones que nos puedan ayudar a correlacionar estructuralmente con el área de Nambija, en vista de las pocas labores mineras a la fecha efectuadas, pudiéndose observarse como de importancia un mayor incremento de minerales (sulfuros).

Posteriormente se realizó el estudio geológico estructural anteriormente detallado desde Plan de Milagro-Gualaceo.

Ing. Francisco Viteri　　　　Dr. John Aspden

PROYECTO CORDILLERA REAL

INEMIN INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

No. 1508

QUITO, ABRIL 06, 1987

PARA : GERENTE TÉCNICO

DE : ING. FRANCISCO VITERI y DR. JOHN ASPDEN
PROYECTO CORDILLERA REAL

ASUNTO : Informe Técnico de la comisión realizada del 16 al 27 de febrero de 1987 a las Provincias de Cañar y Azuay, Cantón Sigsig y Parroquia Chigüinda

SUMARIO:

Los trabajos efectuados durante la presente comisión fueron realizados en Saraguro; así como también de Sigsig a Chigüinda, de Sigsig-Mina Peggy hasta muy cerca del caserío denominado Infiernillos, todos estos cortes dentro del cinturón metamórfico de la Cordillera Real.

El estudio geológico se lo efectuó por caminos afirmados y travesías a pie, conjuntamente con la compilación de datos geológico-estructurales de campo se realizó un muestreo geoquímico en las principales quebradas de las zonas estudiadas.

Sigsig y Chigüinda formaron parte del eje de estudio de la presente comisión, localizadas estas zonas en las partes medianamente altas y bajas de la cordillera respectivamente, mientras que en las centrales corta por los sectores más altos de la cordillera llegando en casos hasta cerca de los 4000 msnm. Tanto el clima como la vegetación son variables todo dependiendo de la altitud a la que se encuentre.

Dentro del contexto geológico en el área de investigación se encuentran expuestas rocas volcánicas recientes probablemente correspondientes a la Formación Tarqui, pequeños diques y plutones de roca intrusiva y principalmente rocas metamórficas. El Complejo Metamórfico se halla representado por rocas de tipo metavolcánicas, rocas verdes correspondientes al Grupo Paute, luego tomamos una secuencia esquistosa y finalmente más al sur una secuencia semipelítica representada por cuarcitas, filitas y cuarzo-filitas.

En lo referente a Geología Económica, existe muy poco interés en vista de que la zona todavía no es muy bien conocida, y más aún poco estudiada, de todas maneras, se esperan los análisis de laboratorio para tener una idea acerca de los posibles indicios minerales que puedan existir en la zona.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivos

Este informe geológico forma parte de la compilación de información básica de campo, tanto geológica como estructural que se ha programado para el presente año dentro del Proyecto Cordillera Real conjuntamente con la Asistencia Técnica del Gobierno de Gran Bretaña, siendo esta comisión la primera del año 1987, correspondiente a la Brigada Sur.

El programa de Investigación Geológica de la faja metamórfica de la Cordillera Real tiene como objetivo básico la determinación de la geología regional, estructuras y mineralización asociada al Complejo Metamórfico.

Con los resultados que se obtengan del análisis de sedimentos fluviales, pesados y rocas se podrá correlacionar de mejor manera los resultados geológicos obtenidos, realizándose todo este trabajo dentro de las provincias de Loja y Morona Santiago.

1.2. Personal asignado

Esta comisión estuvo integrada por:

Dr. John Aspden	Misión Británica
Ing. Francisco Viteri	INEMIN
Sr. Kerley Jurado	Chofer/INEMIN

La misma que se efectuó del 16 al 27 de febrero del presente año (1987).

1.3 Características geográficas y humanas

El área de estudio se ubica aproximadamente en la parte austral del país, en el Cantón Sigsig y Parroquia Chigüinda correspondientes a las Provincias del Azuay y Morona Santiago respectivamente dentro de las siguientes coordenadas geográficas:

Longitud	:	78° 45’	y	78° 55’	W
Latitud	:	03° 00’	y	03° 10’	S

Topográficamente corresponde al sistema montañoso austral andino presentando relieves abruptos en la parte central del corte, pudiéndose observar entre el eje de estudio el cambio del curso de las aguas o el límite de una subcuenca hidrográfica.

Las altitudes son variables, desde los 1700 msnm en la población de Chigüinda hasta los 3800 msnm en el filo de la Cordillera.

El drenaje está representado por dos tipos de corrientes, unas que van con dirección al suroriente o sea para el Río Zamora que desemboca con el nombre de Amazonas al Atlántico y otras con dirección NE que van hacia el Río Paute, el mismo que al fin llega al Zamora. Los principales drenajes del área de investigación son el Río Sangurima que va con dirección al sureste y Río Santa Bárbara que va con dirección al noroeste, para luego tomar la dirección este y desembocar en el Paute.

El acceso de Cuenca a Sigsig se lo hace por una carretera afirmada, para luego tomar un camino de tercer orden con dirección a Chigüinda, siendo éste únicamente camino de verano, otro camino carrozable es el de Sigsig a la Mina Peggy, llegando el mismo únicamente hasta el Río Reote. Finalmente existe un camino en construcción de Sigsig hasta la población de Principal.

2. GEOLOGÍA

2.1 Introducción

Originalmente se planificó completar la geotravesía entre Saraguro-28 de Mayo-Cumbaratza durante esta comisión, pero debido a las malas condiciones climáticas esto no fue posible, y en su lugar se estudió la geología expuesta a lo largo del camino Sigsig-Chigüinda.

2.2 Mapas base

La travesía entre Sigsig-Chigüinda se encuentra dentro de la Hoja Sigsig escala 1:100000 la cual consiste de los siguientes cuadrángulos escala 1:50000.

Sigsig	Principal
Gima	Chigüinda

Tanto las bases de Principal como la de Gima son mapas planimétricos 'censales', poco controlados, no existe un mapa base, ni fotografías aéreas para la mayor parte del cuadrángulo de Chigüinda. En contraste la base de Sigsig 1:50000 está controlada topográficamente y además esta área contiene numerosas rutas de acceso.

2.3 Trabajos previos

Geológicamente esta área es poco conocida, pero al momento INEMIN está llevando a cabo un mapeo a escala 1:100000. En vista de las dificultades antes mencionadas, de cualquier manera, es poco probable que se obtenga suficiente información para garantizar la publicación de toda la Hoja Sigsig escala 1:100000 en una forma normal.

El cuadrángulo de Sigsig escala 1:50000 contiene dos áreas de conocida mineralización, cerca de San Bartolomé al NW y, aproximadamente a 7 km al sur de Sigsig a lo largo del Río Santa Bárbara, la Mina Peggy. Información generalizada sobre estas dos áreas se encuentra disponible en los archivos de INEMIN.

3. GEOLOGÍA LOCAL

Se han reconocido tres divisiones litoestratigráficas principales, de este a oeste éstas son: 'El Grupo Paute', un cinturón central esquistoso complejo, y una unidad semipelítica oriental, las que componen el total de la Cordillera. La disposición de estas divisiones se presenta en la Figura 1 y se podría notar también que unidades litoestratigráficas similares a estas fueron encontradas en la porción septentrional de la travesía Limón-Gualaceo (ver también Figura 1).

Como ha ocurrido en las geotravesías previas, llevadas a cabo por el Proyecto Cordillera Real, tan sólo los detalles de la geología 'metamórfica' pre-terciaria han sido considerados, pero se debe tomar en cuenta que grandes áreas, particularmente al oeste, se encuentran cubiertas por depósitos volcánicos de la Formación Tarqui. Al momento de redactar el informe no se dispone de láminas delgadas, por lo tanto, la nomenclatura de los varios tipos de rocas se basa tan sólo en la identificación macroscópica.

3.1 Grupo Paute

Para mayores detalles del Grupo Paute, el lector deberá referirse a Bristow (1980). En términos generales, el Grupo Paute consiste de una unidad metavolcánica predominante, la que podría también contener cantidades subordinadas de materiales psamíticos y pelíticos impuros, y una unidad metasedimentaria predominante la cual consiste en su mayoría de filitas negras a menudo grafíticas, cuarcita generalmente impura, metacaliza negra ocasionalmente y filitas félsicas (tufíticas?).

Al sur de Sigsig, el Grupo Paute se encuentra fuertemente tectonizado y en partes milonitizado, pero consiste en su mayoría de metavolcánicos o "greenstones" aún reconocibles. Estas rocas se encuentran alteradas, generalmente presentan una débil reacción con HCl diluido, y son de color negro a verde sucio. Generalmente no contienen cuarcita e incluyen pequeños paquetes de material psamítico y pelítico impuro.



Excelentes exposiciones de milonitas foliadas/bandeadas ocurren inmediatamente al sur de Sigsig en la margen oriental del Río Santa Bárbara en el camino que lleva a la Mina Peggy. La presencia de estas rocas y el aumento general en el tectonismo del Grupo Paute hacia el este y hacia el 'cinturón esquistoso central' sugiere que estas dos divisiones se encuentran separadas por una línea tectónica mayor. Lecturas estructurales obtenidas en esta área indican que este contacto tiene una inclinación oriental moderada a fuerte (aproximadamente 60°-80°) y un rumbo NW. Estas estructuras al momento se toman para representar la deformación S1, de cualquier manera, se deberían llevar a cabo posteriores chequeos en el campo para poder establecer esto.

Las rocas del Grupo Paute, las que consisten también en su mayoría de metavolcánicas, se encuentran expuestas al norte de Sigsig en el camino a Chordeleg y al norte del pueblo de Principal. Estos afloramientos no han sido examinados a detalle, pero están visiblemente menos deformados que aquellos al sur de Sigsig.

Cerca de Crio Dacte se observó filitas esquistosas muy alteradas, las cuales presentan un clivaje penetrativo S2 fuerte. Éstas han sido tentativamente adscritas al Grupo Paute, pero es necesario un trabajo posterior para confirmarlo.

3.2 Cinturón esquistoso

El cinturón esquistoso central es una unidad compleja, consiste de una variedad de litologías, pero se caracteriza por la presencia de esquistos cuarzosos feldespáticos, moscovíticos y cloríticos de un color verde pálido. También se encuentran presentes filitas, las que podrían tener cantidades menores de grafito en las cercanías de la Mina Peggy, éstas están fuertemente silicificadas. Horizontes más masivos oscuros, 'metavolcánicos' de un color verde sucio, fueron vistos y estos parecen ser macroscópicamente similares a las rocas verdes del Grupo Paute.

Además de los tipos de roca antes mencionados y expuestos en la Mina Peggy principal, se encuentra un granitoide biotítico masivo de cuarzo azul el cual contiene una forma característica con fenocristales de feldespato-K gris distintivo, hasta de 3-4 cm de largo. Aparte del afloramiento 'granitoide' más masivo, también se encuentran esquistos y gneises y parece que estos representan los márgenes externos tectonizados del granitoide de cuarzo azul.

A pesar de ser volumétricamente pequeñas, las rocas que contienen cuarzo azul y en particular los granitoides más masivos han sido reconocidos en otros lugares de la Cordillera Real (ver informes anteriores del Proyecto Cordillera Real) y son de probable significación regional.

Lecturas estructurales obtenidas del cinturón esquistoso central, son consistentes con aquellas del Grupo Paute (de rumbos NW-SE, e inclinaciones orientales de fuertes a moderadas), de todas maneras, la falta general de estratificaciones y texturas primarias sugiere que estas rocas tienen una historia estructural más antigua y compleja. Como se dijo antes el contacto septentrional de este cinturón con el Grupo Paute se lo considera tectónico, mientras que la naturaleza del contacto oriental, con el cinturón semipelítico, es desconocida.

3.3 Unidad semipelítica

Las rocas pertenecientes a esta unidad se encuentran bien expuestas a lo largo del camino a Chigüinda. Litológicamente consisten de una secuencia monótona de cuarcitas impuras, duras de un color azul grisáceo, filitas cuarzosas y filitas negras, a menudo grafíticas. Las rocas generalmente están débilmente metamorfizadas, a pesar de que ocasionalmente se encuentra presente biotita. Vetas de cuarzo son bastante comunes en todo lo largo, al igual que la pirita.

Estructuralmente la secuencia ha sido afectada por dos fases principales de deformación. Es común, un fuerte clivaje penetrativo, relacionado a los pliegues F2 de rumbo de cordillera suavemente inclinados. La intensidad del clivaje S2 el cual tiene inclinaciones débiles a moderadas va aumentando hacia el oeste y hacia el supuesto contacto tectónico con el cinturón esquistoso.

3.4 Rocas intrusivas

Dentro del cinturón semipelítico, afloramientos menores y bloques rodados de hornblenda, tonalita biotítica (monzonita?) fuertemente alterados fueron registrados a lo largo del camino en el área de San Miguel.

Clastos sueltos frescos de intrusivos, consistentes en tonalita hornbléndica-biotítica no deformada, se encuentran presentes en el tributario sin nombre del Río Sangurima en la margen izquierda, aproximadamente a 2.9 km al oeste de Chigüinda.

Una pequeña brecha intrusiva, probablemente de la Formación Tarqui, y un pequeño stock de pórfido de cuarzo silicificado fueron observados en un área al norte y sur de la Quebrada Reote en el cinturón esquistoso central cercano a la Mina Peggy.

Sedimentos fluviales y concentrados fuertemente mineralizados recolectados del área aún tienen que ser analizados, de todas maneras, la ocurrencia de mineralización, bastante extensa, en las cercanías de la Mina Peggy es de obvio interés. Varios estudios y estimaciones se han realizado en la Mina Peggy, de los cuales el más reciente fue por L. P. Entwistle (1982) copias de este informe se pueden obtener en los archivos de INEMIN.

De acuerdo a Entwistle (1982) los principales minerales de importancia económica son plata, cobre, plomo y zinc. Cantidades menores de hierro se han obtenido de concentrados bateados. En términos regionales, esta mineralización se encuentra espacialmente asociada a una línea tectónica mayor, y en vista de esto un programa de muestreo geoquímico deberá ser llevado a cabo al norte y sur de esta área, sobre la continuación proyectada de esta zona.

Muestras de rocas enteras de este cinturón, el cual se encuentra fuertemente silicificado en las cercanías de la Mina Peggy, también deberán ser analizadas en busca de oro. En este contexto es de interés anotar que uno de los primeros ríos trabajados por los conquistadores españoles en busca de oro aluvial fue el Río Santa Bárbara, entre Sigsig y Gualaceo.

Como se dijo antes, en el área de la Quebrada Reote se encuentra un pórfido cuarzoso fuertemente silicificado y una brecha intrusiva, ambos probablemente relacionados a la Formación Tarqui. Estas intrusiones y sus cercanías deberán también ser muestreadas y analizadas en busca de oro.

4. RECOMENDACIONES

(1) Se deberá llevar a cabo un trabajo geoquímico más detallado en el cinturón esquistoso central, a lo largo de los límites descritos antes.

(2) Se deberá realizar intentos para datar el granitoide de cuarzo azul en la Mina Peggy.

(3) Durante la estación 'seca' se deberá llevar a cabo un estudio geológico detallado del cinturón esquistoso central a lo largo del Río Santa Bárbara. La naturaleza del contacto oriental de este cinturón con la unidad semipelítica deberá también ser estudiada.

(4) En vista del interés geológico y potencial económico del área, se podría considerar el publicar la Hoja Sigsig a escala 1:50000.

5. REFERENCIAS

BRISTOW et al. (1980) Azogues, Hoja 73 (escala 1:100000) Mapa Geológico del Ecuador.

ENTWISTLE L. P. (1982) Report on the Mining Concessions held by Minera Austral. S.A. in the Sigsig area, Azuay Province Ecuador. INEMIN, archive project No. 12238-Ecuador.

Ing. Francisco Viteri Dr. John Aspden

PROYECTO CORDILLERA REAL

ADJ. Mapa geológico

INEMIN INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

No. 3395

QUITO, AGOSTO 04, 1986

PARA : GERENTE TÉCNICO

DE : ING. FRANCISCO VITERI y DR. JOHN ASPDEN
PROYECTO CORDILLERA REAL

ASUNTO : Informe Técnico de la comisión de servicios realizada a los cortes 11 (Catamayo, Loja, Zamora) y 12 (Saraguro, Loja) cumplida del 25 de junio al 11 de julio de 1986

SUMARIO:

El presente informe corresponde al inicio del estudio geológico-estructural y geoquímico, en la faja metamórfica de la Cordillera Real al sur del país. En esta comisión se realizaron los cortes: 11 (Catamayo, Loja, Zamora) y parte del 12 (Saraguro, Loja), Mapa No. 1.

El trabajo geológico se llevó a cabo a través de la carretera y pequeñas travesías, paralelamente se efectuó el muestreo geoquímico de sedimentos fluviales y minerales pesados en los drenajes de principal importancia.

Las áreas de Saraguro y Loja se localizan en la Sierra austral, donde el terreno es montañoso con altitudes variables entre los 1000 y 3800 msnm; el río principal es el Zamora, cuyo drenaje se dirige al este hacia el Océano Atlántico.

En el valle de Catamayo predomina el clima cálido y seco, en cambio el de Zamora es cálido húmedo.

La red de carreteras es transitable durante todo el año, de Saraguro-Loja, Catamayo-Loja y Loja-Zamora.

La geología está representada por rocas metamórficas e intrusivas.

Las rocas metamórficas corresponden a la Serie Zamora y consisten de filitas; pizarras; esquistos grafíticos, cuarcíticos y cuarcitas, este complejo se encuentra intruido por rocas graníticas y granodioríticas y en ocasiones tonalíticas, que pertenecen principalmente al plutón San Lucas. En cuanto a la geología económica se han encontrado pocos indicios de minerales útiles.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivo

El estudio de Investigación Geológica en la faja metamórfica de la Cordillera Real que se efectúa con la Asistencia Técnica del Gobierno Británico tiene como objetivos la determinación de su naturaleza, interrelaciones, génesis y mineralización asociada de las rocas metamórficas.

Dentro de la presente comisión se realizó un estudio detallado en los cortes 11 y parte del 12, conjuntamente con un muestreo de sedimentos fluviales, pesados y, de rocas con algunas de las cuales se realizarán dataciones radiométricas; además se ha cubierto una buena parte de las Hojas geológicas ya publicadas como son las de Saraguro, Loja, Gonzanamá y el cuadrángulo Zamora (Hoja geológica sin información), todas estas hojas tienen escala 1:100000.

1.2. Personal asignado

La comisión estuvo integrada por:

Ing. Francisco Viteri	INEMIN
Dr. John Aspden	ODA
Sr. César Vinueza	Chofer/INEMIN

La misma que se efectuó del 25 de junio al 11 de julio del presente año.

1.3 Características geográficas y humanas

El área de estudio está situada al sur del Ecuador cerca de la frontera con el Perú. Se localiza aproximadamente entre las siguientes coordenadas geográficas.

Longitud	:	78° 55’	y	79° 20’	W
Latitud	:	03° 30’	y	04° 10’	S

El relieve característico es el andino con sus respectivas cuencas interandinas, el terreno es montañoso donde las altitudes varían entre los 1000 y 3800 msnm.

En cuanto a la climatología y vegetación podemos indicar que existen todos los pisos climáticos desde el tropical húmedo al frío andino y por consecuencia debido a la variedad de pisos climáticos y relieves la vegetación es múltiple.

La cobertura terrestre se caracteriza por una intervención humana parcial, en las estribaciones andinas, existiendo una mayor intervención en las zonas interandinas.

Desde el punto de vista hidrográfico, el Río Zamora es el principal y constituye un afluente importante del Río Amazonas que desemboca en el Atlántico. Los Ríos Catamayo y Guayabal drenan hacia el Chira que desemboca en el Océano Pacífico.

La actividad socioeconómica de la región radica en la producción agropecuaria, combinada con actividades artesanales e industriales en la zona interandina. Existe una incipiente actividad minera dedicada a la explotación de materiales cerámicos y de construcciones.

La principal vía de comunicación es la carretera afirmada que va de Saraguro a Loja; Loja-Catamayo y Loja-Zamora.

1.4 Trabajos anteriores

- Geología del Ecuador por Walter Sauer (1965)
- Mapa geológico de la provincia de Loja 1:250000 por Kennerley (1973)
- Hoja geológica de Saraguro (55; 1973) y Gonzanamá (57; 1975) por Kennerley
- Mapa Geológico del Ecuador por Baldock (1982)

1.11 Metodología de trabajo

- Compilación de información geológica existente
- Comprobación de campo, recorrido vial
- Muestreo de rocas y sedimentos fluviales y pesados; en esta comisión se tomaron 61 muestras de roca, 19 de sedimentos fluviales y 6 de pesados
- Elaboración de dos mapas de afloramientos y dos de muestreo de rocas y sedimentos

1.11 Geomorfología

Se encuentran dos grandes paisajes típicos: Sierra y región Amazónica, cuya descripción es la siguiente:

La Sierra comprende la Cordillera Real o Central, siendo la más alta e irregular, tiene un núcleo paleozoico de rocas metamórficas cuyo grado decrece hacia el oeste, recubierto en sectores por rocas volcánicas recientes en las cumbres y en las estribaciones interrumpidas por la presencia de plutones preferentemente ubicados en zonas de falla.

La región amazónica inicia en las estribaciones orientales de la Cordillera al formar un gran valle subandino en su mayor parte cubierto por depósitos cuaternarios.

2. LITOLOGÍA

2.1 Corte Saraguro-Loja

El camino principal entre Saraguro y Loja va con dirección aproximada N-S, y nos provee de una sección de corte de contacto entre el intrusivo y la Serie Zamora (Kennerley, 1975). En la parte central del camino se pudo observar una intercalación de contacto entre el complejo metamórfico y el plutón de San Lucas. La Serie Zamora consiste esencialmente de filitas al norte del complejo, mientras que al sur está compuesto casi en su totalidad de gneises.

2.1.1 Unidad filítica

Al norte del plutón San Lucas, la Serie Zamora se compone de una secuencia de filitas, filitas ricas en grafito y esquistos menores, las que se encuentran discordantemente sobrepuestas por los volcánicos félsicos de la Formación Tarqui (Kennerley, 1975).

Macroscópicamente podemos observar que las filitas consisten principalmente de cuarzo, grafito y clorita; también se encuentran presentes pequeñas cantidades de moscovita y cloritoide (ver Trouw, 1976). La pirita es bastante común al igual que las vetas y segregaciones de cuarzo. Manchas de quiastolita fueron notadas en algunos afloramientos y éstas se atribuyen a la presencia del plutón San Lucas en sus profundidades. Lecturas estructurales obtenidas de las filitas son variables, pero en general el principal clivaje (S1) tiene una dirección N-S y se inclina al oeste con ángulos aproximados de 65°. En la mayoría de los afloramientos aparece un segundo clivaje de crenulación, bastante débil, generalmente no-penetrativo, el cual parece estar relacionado a pliegues apretados con dirección N-S fuertemente inclinados/verticales.

2.1.2 Unidad gnéisica

En el extremo sur del plutón San Lucas, entre Las Juntas y Solamar, con dirección a Loja, está expuesta una secuencia de gneis cuarzo-feldespato-biotítico, cuarcitas y esquistos cuarzosos. Esta secuencia se encuentra claramente intruida por el plutón San Lucas y en algunos lugares contiene pequeñas vetas o segregaciones consistentes de cuarzo, feldespato, moscovita y turmalina. Diques doleríticos/andesíticos de orientación variable son muy comunes, especialmente cerca del contacto con el plutón San Lucas.

La estructura de estas rocas muestra al menos dos fases de deformación. La principal esquistosidad (S2?) tiene una dirección N-NNE y se inclina fuertemente hacia el este. Los pliegues F2 ajustados a isoclinales, con dirección N-S a NE-SW de buzamiento variado, son bastante comunes. En vista de su más alto grado metamórfico, y de su aparente compleja historia estructural, es posible que este cinturón gnéisico pueda representar, ya sea una baja porción de la Serie Zamora, o posiblemente un complejo de basamento previamente no identificado.

2.1.3 Plutón San Lucas

Este plutón fue originalmente mapeado por Kennerley y Almeida (1975) y toma su nombre del pequeño poblado de San Lucas situado a unos 15 km al sur de Saraguro. El plutón se expone en un área de aproximadamente 150 km^2 y varía en composición desde granítico a diorítico. La composición del intrusivo más común es probablemente granodiorita/tonalita, en la cual la biotita representa el principal fenocristal máfico.

Las tonalitas son ricas en biotita y están expuestas en las cercanías de Vinuyacu Chico. En su variante más básica, la hornblenda se vuelve sumamente importante. La ocurrencia de hornblenda dentro de bloques dioríticos, sugiere que parte de la hornblenda pueda ser de otro origen y que se presenta en forma de xenolitos.

Según Kennerley (1973) la diorita comúnmente ocurre alrededor de las márgenes de los plutones y probablemente representa una fase tempranamente intrusiva. Esta observación está basada en el hecho de que las dioritas ricas en hornblenda ocurren como xenolitos en bloques de tonalita, encontrados en la Quebrada El Gallo localizada a unos 2 km al norte de Pucala hacia el extremo sur del Plutón (ver mapa geológico).

El contacto en el norte del Plutón San Lucas con la Serie Zamora no fue notado, la presencia de manchas de quiastolita en las filitas al sur de Saraguro, indica posiblemente la presencia de dicho contacto en profundidad. El contacto al sur está expuesto en varios lugares a lo largo y muy cerca al camino principal y en la Quebrada Lirio (aprox. 2 km al sur de Las Juntas) el plutón contiene xenolitos de gneis biotítico.

Diques aplíticos y de andesita/dolerita, de rumbo variable, son relativamente comunes tanto en la intrusión como en los alrededores de la Serie Zamora.

Las siguientes determinaciones de edad K-Ar: 52 ± 2 Ma (biotita), 60 ± 1 Ma (plagioclasa), 61 ± 1 Ma (biotita), 65 ± 2 Ma (biotita) y 68 ± 2 Ma (plagioclasa) (reportadas por Hall y Calle, 1982), indican un mínimo de edad intrusiva para el plutón San Lucas. En el Río Zenen (Las Juntas) la presencia de tonalitas foliadas puede indicar eventos recientes.

2.2 Corte Catamayo-Loja-Zamora

El camino principal entre Catamayo (La Toma) y Zamora cruza la Cordillera Real de oeste a este, y como tal provee de un importante corte a través de la Serie Zamora. En esta área las rocas de la Serie Zamora se pueden dividir en dos unidades principales. La dominante, que consiste de una secuencia semipelítica de bajo grado compuesta de cuarcitas, filitas y pizarras, se encuentra expuesta entre Catamayo en el oeste y Sabanilla en el este. Al este de Sabanilla, y probablemente asociada a la zona de contacto de un plutón gnéisico sin nombre, existe un aparente aumento del grado metamórfico con gneises biotíticos representando al tipo más común de roca.

2.2.1 Unidad semipelítica

2.2.1a Catamayo-Loja

Los límites este y oeste del cinturón metamórfico se encuentran en contacto de fractura con los sedimentos no-metamorfizados de la Formación Trigal (Mioceno) y la Formación Gonzanamá del Paleoceno, respectivamente.

Esta secuencia consiste de cuarcitas interestratificadas, con filitas, filitas grafíticas y esquistos cuarzo-feldespáticos menores. Algunas filitas son ricas en cloritoide; cantidades más pequeñas de clorita y moscovita también se encuentran presentes. Diques de pórfido feldespático y dolerita de orientación variable están expuestos en la parte occidental del corte.

Lecturas estructurales son variables, su rumbo varía de NW-SE a NE-SW, y las inclinaciones generalmente tienden a aumentar hacia el este. Los rasgos sedimentarios originales frecuentemente son visibles, y cuando se los mide son aproximadamente coincidentes con S1. Una crenulación débil y no-penetrativa (S2), que está asociada a pliegues bastante apretados generalmente orientados con dirección N-S (F2) y de buzamiento variable, son visibles generalmente en el horizonte más pelítico.

2.2.1a-i El Plutón Gavilanes

El nuevo camino entre Catamayo y Loja corta a través de la margen superior de un plutón (previamente no mapeado) de biotita, de tipo tonalita/granodiorita. La extensión de la intrusión, que está muy alterada, es desconocida, pero podría representar la continuación hacia el sur del plutón San Lucas descrito anteriormente. Este intrusivo contiene grandes xenolitos, algunos de los cuales se encuentran parcialmente digeridos, pertenecientes al Grupo Zamora.

2.2.1b Loja-Sabanilla

Entre Loja y Sabanilla la serie Zamora está compuesta de una secuencia interestratificada semipelítica de rocas de un bajo grado metamórfico compuestas de cuarcitas, filitas grafíticas, filitas y pizarras. En el oeste, estas rocas se encuentran discordantemente sobrepuestas por la Formación miocénica/paleocénica no-metamorfizada de Quillollaco, mientras que al este las rocas pasan abruptamente a rocas gnéisicas y esquistosas, inmediatamente al este de Sabanilla.

Estructuralmente estas rocas a menudo han sido afectadas por una fase de plegamiento principal y cuando son vistos, estos pliegues son bastante apretados, hacia arriba pudiendo observarse estructuras con rumbos NE y amplitudes de unos pocos cientos de metros.

Lecturas estructurales a través de la secuencia son bastante consistentes, pero parece existir un pequeño cambio de cortes generalmente de rumbo NE en el oeste, a cortes de rumbo N en el este. También el aumento de la inclinación de moderadamente alta a casi vertical en la misma dirección.

Aparte de S1 y a menudo débilmente desarrollada, la crenulación casi horizontal S2, la cual está asociada con rumbo N-NE, también se encuentran presentes pliegues suavemente inclinados y horizontales.

A pesar del hecho de que la secuencia Loja-Sabanilla está separada de aquella expuesta a lo largo del camino Catamayo-Loja por los sedimentos no-metamorfizados pertenecientes a la cuenca de Loja, estas dos secuencias se considera que pertenecen a la misma unidad litoestratigráfica. En ambas secciones el rango de variación del material psamítico a pelítico, a pesar de ser variable de un sitio a otro, es de aproximadamente 1:1. Ambas secuencias son litológicamente idénticas y consisten esencialmente de rocas de bajo grado metamórfico las cuales han sufrido solamente una fase principal de deformación

2.2.2 Unidad gnéisica

En un área de aproximadamente a 1 km al este de Sabanilla y Zamora, las rocas metamórficas de la Serie Zamora consisten predominantemente de gneis biotítico con cuarcitas y esquistos subordinados. De acuerdo a Kennerley y Almeida (1975), en esta área aflora un granito gnéisico al cual ellos interpretan como de origen metasomático. Durante la presente investigación, grandes áreas de granito 'homogéneo' no fueron encontradas, más bien se encontró un sinnúmero de frecuentes contactos intrusivos irregulares de material gnéisico y también de granodiorita-tonalita. En estos momentos interpretaremos esta área como de *stoping* (restos de un intrusivo), lo cual está probablemente más asociado al contacto, o posiblemente a una zona de tope, de un plutón granítico pobremente expuesto.

La aparente continuidad estructural de estas rocas comparadas con aquellas al oeste de Sabanilla, sugiere que éstas probablemente pertenecen a la Serie Zamora. De seguro los gneises parecen estar íntimamente relacionados al intrusivo, pero a la falta de un trabajo más detallado, no podemos asegurar la posibilidad de que este cinturón sea parte de un complejo de basamento más antiguo y de más alto grado.

Siguiendo con lo dicho por Trouw (1976), aparte de biotita y cantidades menores de moscovita, estas rocas contienen localmente sillimanita, cordierita, andalucita, turmalina y granate en menor grado. En los lugares donde hemos observado estos minerales, estos se encuentran claramente relacionados a los contactos intrusivos y de ese modo cualquier interpretación relacionada con su significancia regional, debe esperar un estudio más detallado (cf. Trouw, 1976).

La edad de la Serie Zamora es incierta, pero basados en las correlaciones litoestratigráficas, estas rocas se cree que son las equivalentes del Grupo Excelsior de Perú (Baldock, 1982) las cuales se encuentran discordantemente sobrepuestas por estratos Ordovícicos fosilíferos (Megard et al., 1971). Así, es generalmente aceptado que la Serie Zamora tiene una edad de Paleozoico Inferior.

La única datación K-Ar (biotita) de 52 ± 2 Ma, obtenida del gneis biotítico el cual se encuentra expuesto al este de Sabanilla, es considerada como edad de reemplazamiento (Kennerley, 1975).

3. GEOLOGÍA ECONÓMICA

Muestras geoquímicas de sedimentos fluviales rutinarias, y concentrados de bateado fueron recogidos durante la presente investigación, sin embargo, la lluvia fuerte impidió el muestreo de gran parte del corte Loja-Zamora. No se encontró oro en el bateado, ni tampoco señales de mineralización en los clastos.

Muchas de las filitas de la Serie Zamora son de tipo grafítico, y esas áreas que contienen especialmente altas concentraciones del mineral, se encuentran marcadas en los mapas geológicos que acompañan este informe.

Vetas y segregaciones de cuarzo son sumamente comunes a lo largo de la Serie Zamora, pero donde éstas fueron examinadas no se encontró signos visibles de mineralización.

De acuerdo al Mapa Metalogénico del Ecuador (1985) (Torres, 1985), a lo largo del área cubierta por la presente investigación pequeñas cantidades de los siguientes minerales metálicos han sido reportadas.

3.1 Oro

Pequeñas cantidades de oro aluvial, el cual presumiblemente se derivó de las rocas metamórficas de la Serie Zamora, ocurre en los sedimentos terciarios de la cuenca de Loja y también al NE de Zamora.

3.2 Cobre y plomo

Minerales Cu/Pb han sido reportados en la parte NW del plutón San Lucas, y cantidades menores de minerales Cu (calcopirita?), probablemente asociados con las vetas de cuarzo, ocurren dentro de la Serie Zamora al este de Catamayo.

3.3 Zinc

La Formación oligocénica Loma Blanca en la esquina NW de la cuenca Loja se ha reportado que contiene pequeñas cantidades de Zn (esfalerita?).

4. REFERENCIAS

BALDOCK J. W. (1982) Geología del Ecuador. Boletín de la explicación del Mapa Geológico de la República del Ecuador, escala 1:1000000. DGGM, Quito.

KENNERLEY J. B. (1973) The Geology of the Loja Province, Southern Ecuador. Unpublished report of the Institute of Geological Sciences (Overseas Division) London, No. 23.

KENNERLEY J. B. y ALMEIDA L. (1975) Mapa geológico del Ecuador, Loja (Hoja 56), escala 1:100000.



HALL M. L. y CALLE J. (1982) Geochronological control for the main tectono-magmatic events of Ecuador. Earth-Sci. Rev. 18, pp. 215-239

MEGARD F. et al. (1971) La Chaine Hercynienne au Pérou et en Bolivie ; premiers résultats. Cah. Offs. Rech. Sci. Tech. Ourte. Mer, Sér. Geol. 3, p. 5-43.

TORRES R. et al. (1985) Mapa Índice de Minerales Metálicos, República del Ecuador. Escala 1:1000000.

TROUW R. (1976) Cuatro cortes por la faja metamórfica de la Cordillera Real, Ecuador. Bol. Cient. Esc. Sup. Pol. Litoral, Guayaquil, Ecuador, 40 pp.

Ing. Francisco Viteri Dr. John Aspden

PROYECTO CORDILLERA REAL

ADJ. Mapas geológico-estructurales, de ubicación de cortes y de ubicación de muestras

INEMIN

INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

No. 0131

QUITO, ENERO 14, 1987

PARA : GERENTE TÉCNICO

DE : ING. FRANCISCO VITERI y DR. JOHN ASPDEN
PROYECTO CORDILLERA REAL

ASUNTO : Informe Técnico de la comisión realizada del 14 de noviembre al 01 de diciembre de 1986, al corte No. 12, Loja-Zumba

SUMARIO:

Los trabajos realizados durante la presente comisión se enfocaron al corte No. 12, el mismo que se lo realizó desde Loja hasta Zumba, dentro del cinturón metamórfico de la Cordillera Real.

El estudio geológico se efectuó a través del carretero y travesías a pie. Conjuntamente con la compilación de información geológica de campo se realizó el muestreo geoquímico en las vertientes de interés.

Zumba (que pertenece a Zamora Chinchipe) y Loja forman el eje de estudio de la presente comisión, localizadas estas zonas en las partes más bajas de dicho eje, mientras que la parte central corta los sectores más altos de la Cordillera, las altitudes son variables van de 800 msnm hasta 3800 msnm y por ende la vegetación y temperatura varían.

Dentro del contexto geológico, el área de investigación se encuentra representada por rocas intrusivas y metamórficas, excepto en el sector de la cuenca de Malacatos.

El Complejo Metamórfico se halla representado por rocas metamórficas de alto grado, como son rocas semipelíticas (gneis, anfibolitas) también se ha podido observar rocas pelíticas en menor proporción. En conclusión, dentro de este corte se ha podido diferenciar entre rocas de tipo paragneis y ortogneis.

Las rocas intrusivas están representadas por granodioritas, tonalitas y diques de composición compleja y variada.

En lo que se refiere a la Geología Económica es de importancia el sector oriental del área de investigación, existiendo la presencia de áreas mineras dedicadas a la explotación de oro primario y aluvial.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivos

Este informe geológico que engloba la geotravesía No. 12 cuyo estudio se enfocó desde Loja hasta Zumba forma parte de una de las últimas comisiones del año 1986, del programa de Asistencia Técnica del Gobierno Británico.

El programa de investigación geológica en la faja metamórfica de la Cordillera Real tiene como objetivo básico la determinación de la geología regional y local, estructura y mineralización asociada a este complejo metamórfico, conjuntamente se llevó a efecto el muestreo geoquímico de sedimentos fluviales, minerales pesados y rocas. El área de estudio se ubica al sur del Ecuador que en su mayor parte engloba a las provincias limítrofes de Loja y Zamora Chinchipe.

1.2. Personal asignado

La comisión estuvo integrada por:

Ing. Francisco Viteri	INEMIN
Dr. John Aspden	ODA
Sr. Kerley Jurado	Chofer/INEMIN

La misma que se efectuó del 14 de noviembre al 01 de diciembre de 1986.

1.3 Características geográficas y humanas

La provincia de Loja y el cantón Zumba que pertenece a la provincia de Zamora Chinchipe se ubica al sur y suroriente del Ecuador respectivamente, en la frontera con el Perú el sector de investigación se ubica en la Latitud Sur 4° 57' y la Longitud Oeste de 79°. Topográficamente corresponde al sistema montañoso austral andino, presentando así mismo relieves abruptos y se pueden observar dentro del eje de estudio dos pequeñas cordilleras que son constituyentes de la gran faja de Cordillera Andina, éstas son la de Sabanilla y la de los Paredones.

Las altitudes son variables entre los 800 y 3800 msnm (en la Laguna Cox). La temperatura y vegetación dependen de la altitud, se puede encontrar en las partes bajas la característica selva tropical mientras que en las altas pajonales y arbustos de pequeñas dimensiones; el drenaje está representado por dos tipos de corrientes, unos que van con dirección al Pacífico y otros al Atlántico; la Cordillera de Sabanilla llega a ser límite de la divisoria de aguas, teniendo como principales drenajes al este los Ríos Palanda y Mayo cuyas aguas llegan al Río Chinchipe, afluente del Río Marañón que con el nombre de Amazonas desemboca en el Océano Atlántico; hacia el oeste drenan la vertiente superior del Río Catamayo que es afluente del Chira el mismo que desemboca en el Océano Pacífico. El acceso de Loja a Zumba actualmente se lo puede hacer por carretera, la misma que es utilizada en verano debido a que se trata de un camino afirmado y que al momento se encuentra en construcción en una distancia de aproximadamente 140 km desde Yangana.

1.4 Trabajos previos

- Hojas geológicas publicadas, a escala 1:100000, por parte del INEMIN (DGGM) con asistencia técnica del Gobierno de Gran Bretaña.

- Gonzanamá	1975
- Las Aradas	1979
- Zumba	1979
- Loja	1975

- Geology of Loja Province, Southern Ecuador, J. B. Kennerley (1973)

1.11 Metodología de trabajo

- Compilación de información geológica existente.
- Comprobaciones de campo, recorrido vial y travesías a pie.
- Muestreo de rocas, sedimentos fluviales y pesados, se tomaron en 55 puntos muestras petrográficas, en 20 vertientes sedimentos fluviales y en algunos casos pesados.
- En lo referente a trabajos de oficina, elaboración de mapas bases de estudio, y finalmente mapas geológicos de la zona.

2. GEOLOGÍA

2.1 Introducción

Se han publicado mapas geológicos a escala 1:100000 de Loja, Gonzanamá, Las Aradas y Zumba. Como complemento un mapa geológico realizado por el IFP del camino Loja-Zumba-La Chonta denominado "Formaciones sedimentarias de la Sierra Tectónica Andina en el Ecuador" (Savoyat et al., 1970); para el presente estudio se han incorporado datos apropiados obtenidos de fuentes confiables.

El camino entre Yangana e Isimanchi fue abierto apenas hace dos años, por lo tanto, la mayor parte de la información geológica obtenida en este sector es nueva. Durante la presente comisión, en los lugares en los que el tiempo y el acceso lo permitieron se realizaron varias geotravesías transcordillera, cuya localización se muestra en el mapa adjunto. Se debe notar que la lineación del camino Yangana-Isimanchi es aproximada, pero en general éste se encuentra a unos cuantos "kilómetros" al este del viejo camino de herradura que aparece en el mapa topográfico del área, escala 1:50000. Al igual que en informes anteriores sólo se describen las rocas más antiguas e intrusivas. Los sedimentos terciarios, que afloran en las cuencas de Loja, Malacatos y Zumba no fueron estudiados.

Como en el caso de las travesías anteriores, llevadas a cabo por el Proyecto Cordillera Real, se debe tener en cuenta que la siguiente interpretación es preliminar y que puede ser modificada en el futuro. Al momento de redactar el informe no se dispone de láminas delgadas, y por lo tanto la nomenclatura de los varios tipos de rocas se basa tan sólo en la identificación macroscópica.

La Cordillera Real parece estar conformada en su mayor parte por rocas que podrían ser asignadas a una de las dos unidades litoestratigráficas: la primera consiste de una secuencia monótona de rocas semipelíticas de bajo grado, mientras que la otra, un grupo más complejo, consiste predominantemente de gneises y esquistos de un grado más alto. No es el propósito del presente estudio, llevar a cabo el mapeo de hojas geológicas, de todas maneras, en los lugares en los que hemos observado las rocas en el campo, éstas son en su mayoría fácilmente reconocidas lo que sugiere que ocurren como unidades mapeables, cuya distinción seguramente representará una de las divisiones fundamentales del basamento metamórfico en el austro ecuatoriano. Además de estas unidades metamórficas, se encuentran presentes varios intrusivos? más jóvenes.

2.2 Unidad semipelítica

Esta unidad consiste de cuarcitas de bajo grado generalmente impuras, metalimolita, filita (± grafito), pizarra y ocasionalmente grauvacas. Se considera que estos se derivaron casi exclusivamente de una fuente continental y aparentemente contienen poco o nada de material volcánico.



Estructuralmente las rocas semipelitas tienen un rumbo paralelo a la cordillera y las pendientes varían de moderadas a escarpadas. En ocasiones fueron registradas lecturas estructurales 'anormales' principalmente hacia los bordes de las cuencas terciarias, y se asume que estas se relacionan a fallas limítrofes locales. En los lugares en que afloran So (estratificación) y S1 son paralelos a subparalelos y frecuentemente S1 es visible en forma clara solamente en las unidades más finas. Una crenulación S2 fina fue observada en algunas filíticas.

Rocas pertenecientes a esta unidad se encuentran expuestas a lo largo del camino principal entre Loja y Malacatos en lugares donde estructuralmente los sedimentos terciarios separan estas dos cuencas. En el sector austral de la cuenca de Loja, existe un nuevo camino que va al Parque Nacional Podocarpus, y nos provee de una excelente sección a lo largo de parte de esta secuencia. Más hacia el sur estas rocas se encuentran bien expuestas principalmente al oeste de Yangana a lo largo de un camino angosto que lleva a Quinara. Al este de Yangana rocas similares afloran en la parte occidental del camino a Toledo recientemente construido.

Al sur de Yangana disminuye la exposición de rocas semipelíticas y hay un correspondiente aumento en la unidad gnéisica. Al oeste de Zumba a lo largo del margen occidental de la cuenca terciaria de Zumba aflora un angosto cinturón de bloques, de filitas grafíticas con/sin pirita. Basados en correlaciones regionales (ver informes Plan de Milagro-Gualaceo y Saraguro-Loja, La Toma-Zumba) se considera que estas rocas pertenecen a la secuencia semipelítica.

Hacia el este de Zumba la situación se vuelve más compleja. En el sector donde el camino principal cruza el Río Isimanchi se encuentran expuestas pizarras/filitas azuladas las mismas que pueden ser claramente asignadas a la unidad semipelítica. Sin embargo, al este y al oeste del Río Isimanchi a lo largo del camino aflora una secuencia de filitas y esquistos verdes impuros. La exposición es bastante pobre, pero hacia el oeste entre el pueblo de Isimanchi y Zumba, estas rocas se encuentran frecuentemente deformadas, y presentan un buen clivaje penetrativo S2, el cual se encuentra relacionado a pliegues verticales compactos F2. Este aumento de deformación podría estar relacionado a movimientos locales a lo largo del margen de la cuenca terciaria de Zumba, y sin duda pliegues similares F2 se han encontrado en la secuencia filítica al oeste (ver párrafo anterior).

De todas maneras, se deberá confirmar la composición de las rocas por medio de láminas delgadas, su color verde sugiere que podrían contener componentes volcánicos los que como tales no son comunes en las unidades semipelíticas. Por el momento y de forma provisional las incluiremos dentro de esta unidad, pero se necesita un trabajo posterior para establecer una relación exacta con la metapizarra/filita cuarzosa que aflora en el Río Isimanchi.

2.3 Unidad gnéisica/esquistosa

Esta es una unidad compleja, pero consiste principalmente de un gneis de grano medio-grueso, de textura variable (bandeada, rayada o veteada), generalmente rico en biotita, ± moscovita. Se encuentran presentes cantidades subordinadas de esquistos cuarzosos, cuarcitas y esquistos de biotita y/o moscovita. Esta unidad también incluye una tonalita gris? biotítica ± moscovita, más homogénea, generalmente de grano medio a fino, y menos foliada. Cantidades menores de rocas migmatíticas fueron observadas y éstas pueden encontrarse asociadas a bordes pegmatíticos de moscovita/turmalina.

Debido a la similitud en composición del gneis biotítico con la tonalita, en el campo es a menudo difícil la diferenciación entre orto- y paragneis. Sin embargo, se ha realizado un intento preliminar para separar estas rocas en el mapa adjunto utilizando el siguiente criterio: presencia de xenolitos, textura/composición/homogeneidad de la roca, cantidad y distribución de la biotita. Se debe poner énfasis en que se requerirá de un trabajo petrográfico más detallado, el que en algunos casos implicará una geoquímica de toda la roca, para confirmar los límites exactos del orto- y del paragneis.

A más de los tipos de rocas antes descritos, existen anfibolitas, las que con frecuencia son ricas en biotita, se encuentran relativamente extendidas dentro del gneis biotítico. Son de una extensión limitada en los lugares en que afloran, y representan probablemente diques básicos, además se pudo observar vetas o zonas irregulares pegmatíticas consistentes de cuarzo y feldespato y que llevan gruesos bloques de moscovita y/o biotita (hasta de 4 cm de ancho) siendo éstas bastante comunes.

Estructuralmente la fábrica principal penetrativa del paragneis tiene generalmente un rumbo de cordillera y las pendientes van normalmente de fuertes a verticales. Basado en evidencia obtenida en el campo esta fábrica es por lo menos de S2, habiendo sido largamente destruida S0 (estratificación) y S1. Aunque menos desarrollado el ortogneis contiene también una foliación y/o exhibición de lineación mineral que aparentemente corresponde a un S2 del paragneis.

2.4 Consideraciones/Correlaciones regionales

La edad de las rocas metamórficas es desconocida, pero basándose en correlaciones con Perú, la unidad gnéisica es probablemente de edad Precámbrica y la unidad semipelítica Paleozoica (Inferior?).

En el Ecuador la unidad semipelítica está correlacionada con rocas litológicamente idénticas las cuales se encuentran expuestas entre Catamayo y Sabanilla y entre Plan del Milagro y Gualaceo al Norte. En forma similar la unidad gnéisica/esquistosa puede ser comparada con rocas que afloran inmediatamente al norte de Loja, y también al este de Sabanilla. Detalles de estas áreas se han dado en informes anteriores.

2.5 Rocas intrusivas

El batolito de Río Mayo (Guevara et al., 1979) se encuentra expuesto a lo largo del camino principal inmediatamente al sur de Palanda y al noreste de Isimanchi. Es una intrusión compuesta la cual varía en composición principalmente de granodiorita a tonalita. También incluye menor cantidad de monzonita? y, en el norte, entre Agua dulce y Quebrada Suhi, se encuentra presente una tonalita grisácea distintiva. En el mapa geológico de Zumba escala 1:100000 previamente publicado (Guevara et al., 1979) éstas últimas rocas han sido mapeadas como la Formación Celica. Sin embargo, por el momento, y a pesar de su color distintivo, preferimos incluirlas como una fase intrusiva separada del batolito del Río Mayo. A lo largo del batolito son bastante frecuentes diques, láminas y apófisis de felsita y pórfido, y estos probablemente representan la fase más joven del intrusivo. Las relaciones de edad entre las otras unidades intrusivas no fueron establecidas, pero su distribución aproximada se presenta en el mapa adjunto.

El batolito del Río Mayo no es foliado y contiene tanto biotita como hornblenda en varias proporciones. No se encuentran disponibles datos de edad, pero se presume que son cretácicos (Baldock, 1982).

Se observó bloques de granitoides calco-alcalinos no deformados en varios ríos. Estos son comunes de manera especial al oeste de Zumba en el Río Ahogado y en la Quebrada Mono y al oeste de Palanda en el Río Blanco y en el Río Jíbaro. La relación de estas rocas con los gneises más antiguos es desconocida, pero su presencia obviamente indica la existencia de intrusiones no mapeadas dentro de las áreas de la cordillera.

En el mapa geológico escala 1:100000 de Zumba (Guevara et al., 1979) y Las Aradas (Kennerley et al., 1979) cerca de Palanda se ha mapeado una tonalita hornbléndica a la que se la conoce como "El batolito de Palanda". Los autores arriba mencionados consideraban que este cuerpo tiene un origen metasomático y por lo tanto lo diferenciaron del Batolito del Río Mayo al sur.

Durante el presente estudio, las observaciones entre Palanda y Quebrada de las Toronjas al Norte fueron limitadas, sin embargo, el tipo de roca dominante encontrado fue un paragneis de grano medio a grueso, generalmente rico en biotita. Como se dijo anteriormente, al sur de Palanda, a lo largo del camino principal aflora una granodiorita/tonalita la cual contiene cantidades variadas tanto de hornblenda como de biotita; como lo demuestra el mapa adjunto hemos incluido a este sector como parte del batolito del Río Mayo. Se pone énfasis en que esta interpretación es preliminar, posteriormente un trabajo más detallado será necesario para confirmarla. Estudios isotópicos planificados para el futuro deberán probar si estas rocas son en verdad metasomáticas/continentales, como sugiere el presente estudio, son parte de la composición ígnea asociada a plutones calco-alcalinos derivados de la superficie.

3. GEOLOGÍA ECONÓMICA

Muestras de sedimentos fluviales recogidas en esta área deberán ser analizadas, sin embargo, no se han encontrado signos de mineralización en los rodados.



4. REFERENCIAS

GUEVARA et al. (1979) Hoja geológica de Zumba, escala 1:100000, Servicio Nacional de Geología y Minas, Quito.

KENNERLEY J. B. et al. (1979) Hoja geológica Las Aradas, escala 1:100000, Servicio Nacional de Geología y Minas, Quito.

KENNERLEY J. B. y LUIS ALMEIDA (1975) Hoja geológica de Loja, escala 1:100000, Servicio Nacional de Geología y Minas, Quito.

KENNERLEY J. B. y LUIS ALMEIDA (1975) Hoja geológica de Gonzanamá, escala 1:100000, Servicio Nacional de Geología y Minas, Quito.

KENNERLEY J. B. (1973) Geology of Loja Province, Southern Ecuador. Inst. Geol. Sci. Overseas Div., London, Report 23.

SAVOYAT et al. (1970) Formaciones sedimentarias de la Sierra en el Ecuador, Instituto Francés del Petróleo, Serv. Nacional de Geología y Minas. Quito.

Ing. Francisco Viteri Dr. John Aspden

PROYECTO CORDILLERA REAL

